



Forme et fonction d'un réseau : cas de la voirie urbaine de desserte locale

Vaclav Stransky

► To cite this version:

Vaclav Stransky. Forme et fonction d'un réseau : cas de la voirie urbaine de desserte locale. Géographie. Université Paris XII Val de Marne, 1995. Français. NNT : . tel-00129522

HAL Id: tel-00129522

<https://theses.hal.science/tel-00129522>

Submitted on 7 Feb 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Vaclav STRANSKY

FORME ET FONCTION D'UN RESEAU cas de la voirie urbaine de desserte locale

Thèse nouveau régime
sous la direction de Gabriel DUPUY

Spécialité : Urbanisme et Aménagement

Décembre 1995

Composition du jury

Gabriel DUPUY, Professeur à l'Université de Paris X - Nanterre et à l'ENPC

Dominique FLEURY, Directeur de recherche INRETS, Rapporteur

Anne FOURNIE, Maître de conférences à l'Université de Paris XII - Val-de-Marne

Jean-Pierre FREY, Professeur à l'Université de Paris XII - Val-de-Marne

Jean LATERRASSE, Directeur de recherche CNRS, Rapporteur

Yves ROBIN-PREVALLEE, Responsable du groupe Transport au CERTU

REMERCIEMENTS

Composer de façon rationnelle une page (et demie) de remerciements est un exercice ardu, car la portée de chaque participation extérieure est difficilement mesurable de façon objective : une discussion à bâtons rompus, une remarque, voire une plaisanterie au bon moment peuvent provoquer le "déclic" salvateur. Il faudrait donc remercier l'ensemble des personnes que j'ai croisé durant ces dernières années, option qui, après réflexion, a été repoussée. La petite liste qui suit, établie au fil de la plume (du clavier plutôt) n'aspire donc pas à l'exhaustivité ; elle n'a pas non plus de prétention taxinomique.

Cette thèse n'aurait sans doute jamais abouti sans le concours d'Yves Robin-Prévallée du CERTU et de Frédéric Moatty du Centre d'Étude de l'Emploi ; je tiens ici à les remercier chaleureusement, le premier pour m'avoir fourni les données indispensables au travail de terrain, le second pour les moyens théoriques et pratiques qu'il a mis à ma disposition, nécessaires à l'exploitation de ces données.

Les membres du laboratoire LATTS en général, ceux de la sympathique équipe RIT animée par Jean-Marc Offner en particulier, ont constitué tout au long de cette thèse un environnement humain d'une qualité rare... pas seulement sur le plan scientifique, d'ailleurs ; que tous soient remerciés pour leur amitié, leurs encouragements et leur aide.

Les débats toujours animés - parfois délirants, parfois constructifs (l'un n'excluant pas l'autre) - avec Jean-Marie Brabant et Agnès Sander m'ont souvent aidé à remettre en question et à clarifier ma démarche grâce à leurs regards respectifs d'ingénieur et d'architecte ; la forme finale du texte a en outre profité d'une relecture particulièrement attentive et clairvoyante d'Agnès. Merci à tous deux.

Un grand merci également à Geneviève Guinard pour le rôle qu'elle a joué dans l'appui logistique - assuré par le laboratoire LATTS - dont cette thèse a bénéficié, ainsi que pour sa (fort utile !) relecture critique du résumé en anglais.

Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance à Dominique Fleury de l'INRETS, à Anne Fournié et Jean-Pierre Frey de l'Université de Paris XII - Val-de-Marne, ainsi qu'à Jean Laterrasse du LATTs, pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche.

Ce travail a par ailleurs bénéficié des remarques de Vidal Cohen de l'ENPC et de celles de Paul Ross de la *Federal Highway Administration*. Que tous deux soient remerciés, le premier pour m'avoir donné la réplique au cours de discussions méthodologiques sur l'analyse multidimensionnelle des données ; le second pour l'abondante documentation qu'il m'a adressée depuis les États-Unis sur le recueil de données de trafic par la technique de la photographie aérienne.

Pour finir, qu'il me soit permis d'exprimer toute ma gratitude à Gabriel Dupuy qui, en tant que directeur de cette thèse, n'a jamais manqué de me prodiguer conseils, suggestions et critiques en cas de besoin, tout en me laissant une grande autonomie quant aux orientations de mes travaux.

RESUME

Prenant comme cadre conceptuel la théorie des réseaux territoriaux et diverses théories comportementales, cette thèse aborde un aspect encore peu connu de la voirie urbaine : l'influence que peut avoir sa *morphologie* (notion regroupant l'ensemble des caractéristiques formelles de l'infrastructure viaire et de son environnement territorial immédiat) sur sa *fonction-déplacement* (dimension circulatoire du réseau), caractérisée par la vitesse moyenne des véhicules. Pour cela, quelques quartiers parisiens sont choisis comme terrain expérimental sur des critères aussi bien théoriques (nécessité de poser certaines hypothèses simplificatrices fortes) que pratiques (disponibilité de données). Ces quartiers sont ensuite découpés en tronçons de rue élémentaires considérés comme "morphologiquement homogènes", et chaque tronçon est affecté d'un grand nombre de variables morphologiques d'une part, d'une vitesse moyenne calculée sur la base d'observations effectuées à l'aide de plusieurs séries de photographies aériennes, d'autre part. Enfin, une analyse factorielle (Analyse des correspondances multiples), croisant cette vitesse moyenne avec l'ensemble des variables morphologiques, est appliquée à cet échantillon. Elle met en évidence, à l'intérieur de ce dernier, une structure forte que nous interprétons comme une série de liens et d'effets de seuil plus ou moins importants entre cette vitesse et certaines des variables morphologiques, pouvant dès lors être considérées comme "structurantes".

MOTS-CLEFS

ANALYSE DES CORRESPONDANCES, COMPORTEMENT, FONCTION, FORME, MORPHOLOGIE, PHOTOGRAPHIE AERIENNE, RESEAU, VOIRIE URBAINE.

ABSTRACT

Based upon "network theory" and different behavioral theories and models, the present research tries to carry out influences that the "morphology" of a street network may have on its own function (traffic speed). For this purpose, several Parisian districts are first selected according to different criteria : homogeneity of the traffic as far as movings are concerned ; lack of some practices interfering with traffic ; availability of detailed traffic data ; etc. These districts are cut into basic street sections, supposed "morphologically homogeneous". Each section is then characterized by a great deal of morphological variables on one hand, an average speed of traffic on the other ; this speed is calculated by identifying moving vehicles on aerial photographs taken every six seconds. The Correspondence Analysis method is finally applied to the street sections sample, which appears to be very structured. We interpret this phenomenon as a series of statistical links between traffic speed and several of the above mentionned morphological variables.

KEYWORDS

AERIAL PHOTOGRAPH, BEHAVIORISM, CORRESPONDENCE ANALYSIS, FUNCTION, MORPHOLOGY, NETWORK, STREET, URBAN.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	9
PARTIE 1 - CONDUIRE DANS UN POINT-DE-RESEAU.....	21
Chapitre 1 - Modèles du comportement du conducteur.....	25
1.1.- Une multitude de modèles.....	27
1.2.- Des problèmes d'ordre théorique manifestes.....	39
1.3.- Quelques constantes : prémisses d'un cadre théorique global ?.....	41
1.4.- Les apports pratiques.....	48
Chapitre 2 - Voirie urbaine et point-de-réseau	51
2.1.- Eléments de la théorie des réseaux	51
2.2.- Les voies urbaines comme réseau technique	61
2.3.- Le point-de-réseau : une notion adaptée à la voirie urbaine ?.....	68
Chapitre 3.- Un modèle d'analyse du point-de-réseau.....	89
3.1.- Délimitation spatiale d'un domaine d'application : le tronçon.....	90
3.2.- Forme et fonction du tronçon - hypothèse fondamentale.....	97
3.3.- Le tronçon comme vecteur de flux : description fonctionnelle.....	103
3.4.- Le tronçon comme espace : description morphologique	115
3.5.- Bilan : modèle de fonctionnement du point-de-réseau	144
PARTIE 2 - TERRAIN ET METHODE D'ANALYSE.....	153
Chapitre 4. - Données de trafic urbain : une denrée rare.....	157
4.1.- Les techniques de recueil de variables de trafic.....	158
4.2.- Où trouver les données ? Des débuts difficiles	160
4.3.- La photographie aérienne : une solution lourde.....	164
Chapitre 5 - Le terrain d'étude : choix et modélisation.....	183
5.1.- Choix du terrain.....	183
5.2.- Modélisation du terrain	187
5.3.- Caractériser les tronçons : calcul des variables	201
5.4.- Base de données et validation des choix préliminaires.....	218
Chapitre 6.- L'analyse multidimensionnelle.....	235
6.1.- L'analyse multidimensionnelle des données.....	236
6.2.- L'analyse des correspondances multiples	244
6.3.- Formalisation des données : le codage	254

PARTIE 3 - A LA RECHERCHE DE RESULTATS.....	259
Chapitre 7 - Homogénéiser l'échantillon.....	263
7.1.- Des axes de rabattement parmi les tronçons d'échelle 0 ?.....	263
7.2.- Les tronçons d'échelle 0 : un corpus homogène ?	270
7.3.- Un premier bilan positif.....	297
Chapitre 8 - Variables explicatives de la vitesse pratiquée.....	301
8.1.- Épuration de l'échantillon pour une meilleure lisibilité.....	301
8.2.- Principes généraux de la démarche	302
8.3.- Variables explicatives.....	308
Chapitre 9 - Synthèse : rôle de la morphologie.....	321
9.1.- Influence "structurelle" et de codage.....	322
9.2.- Influence des variables de contrôle.....	327
9.3.- Influence de la morphologie.....	331
9.4.- Les variables mixtes.....	340
9.5.- Variables de "faible poids" : absences d'influence surprenantes	346
9.6.- Bilan : une interdépendance forme-fonction manifeste	348
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	357
ANNEXES.....	377
BIBLIOGRAPHIE.....	507
TABLE DES FIGURES	535
TABLE DES MATIÈRES.....	541

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Au départ , une (fausse) évidence ?...

Dire qu'en situation de conduite, un automobiliste adapte sa vitesse à son environnement (plus ou moins) immédiat semble être une banalité : il est clair que l'on ne conduit pas de la même façon sur une autoroute, sur un boulevard urbain ou dans une venelle du centre historique d'une ville médiévale. Il est clair aussi que cette adaptation tient pour une grande part à des contraintes physiques (il est impossible de prendre un virage en épingle à cheveux à grande vitesse sous peine de se retrouver dans le fossé), mécaniques (un véhicule a des capacités d'accélération et de décélération limitées : impossible donc de rouler vite dans une rue où l'on est obligé de s'arrêter tous les cinquante mètres) et règlementaires (sans commentaires).

Mais d'autres facteurs ne font-ils pas reconnaître à l'automobiliste la *fonction* ("locale", "trans-locale", "rapide"...) de la voie où il se trouve, l'amenant à adapter sa vitesse (qui ne serait finalement que la traduction, en termes de conduite, de cette fonction) à cette dernière ? Parmi ces facteurs, des critères formels (ou "morphologiques"), ont certainement un rôle important à jouer : des virages, des croisements fréquents n'incitent pas à la vitesse, pas plus qu'une chaussée très étroite ou un pavage accidenté...

Tout cela ressemble sans doute à des évidences... pour des cas de figure aussi nets qu'une "autoroute" opposée à une "ruelle" ; mais la réalité n'est pas faite que d'extrêmes, elle est beaucoup plus nuancée : qu'en est-il, par exemple, de la distinction entre deux "rues quelconques", prises au hasard dans une ville ? L'automobiliste pourra-t-il "deviner" la *fonction d'une rue* - pour peu que cette notion ait un sens - en se fondant sur des critères formels, et donc adapter sa vitesse de conduite en conséquence ? Quel est le rôle de chacun de ces critères (et plus généralement, des différentes *combinaisons* de critères) dans la perception par l'automobiliste de cette fonction ? Dans quelle mesure pourront-ils déterminer une "fourchette de vitesses pratiquées" ? Ou en d'autres termes, dans quelle mesure peut-on parler, pour une voie urbaine, de *sous-détermination de la fonction par la forme* ?

Autant de questions, parmi d'autres, qui sont à l'origine de cette thèse. Mais avant d'entrer en matière, il paraît utile de situer cette recherche dans son contexte : nous entendons par là aussi bien l'environnement dans lequel elle a été réalisée que les centres d'intérêt personnels, l'un et l'autre ayant fortement contribué à la genèse du sujet.

A l'origine du sujet, l'idée d'un "réseau-objet architectural"...

Ce travail a été réalisé au laboratoire LATTTS¹ sous la direction de Gabriel Dupuy², créateur au sein de ce laboratoire d'une équipe de recherche travaillant sur différents aspects des *réseaux territoriaux*. Ce n'est donc pas un hasard si l'objet d'étude est un réseau... ou plus précisément, si cet objet (la voirie urbaine), pouvant par ailleurs être appréhendé sous bien d'autres aspects, est considéré *comme* un réseau³.

Le choix du sujet, et notamment le fait de vouloir relier forme et fonction, tient certainement pour une large part à ma (dé-)formation d'architecte : s'il y a une chose que j'ai retenue, c'est bien le "principe de base" de tout concepteur d'espace, que nous pourrions appeler *principe de la lisibilité de la fonction dans la forme*. Nous ne nous étendrons pas ici sur le bien fondé ni sur le caractère universel de ce principe, mais le fait est qu'intuitivement, il semble raisonnable de penser qu'une des qualités - et pas la moindre - d'un espace bien conçu tiennent justement à cette lisibilité, au fait que l'on reconnaisse du premier coup d'œil la fonction (ou plutôt : *l'ensemble des fonctions*) de cet espace : un hall de gare, ce n'est pas pareil qu'une salle de cinéma, et une salle de bain, ce n'est pas pareil qu'une salle de séjour. La distinction entre des espaces de fonctions différentes n'est d'ailleurs pas simplement (loin de là) une question d'aménagement, de décoration ; tout y participe : la dimension (il faudrait dire : *les dimensions*), la géométrie, l'articulation (au sens large) avec d'autres espaces (adjacents ou non)...

1 Le LATTTS (LABoratoire Techniques, Territoires et Sociétés) est un laboratoire commun à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées et à l'Université de Paris - Val-de-Marne (Paris XII). Unité de Recherche Associée au CNRS, URA 1245.

2 Gabriel Dupuy est actuellement professeur à l'Université de Paris X - Nanterre, à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées et directeur du CNRS PIR-Villes.

3 "Ce qui caractérise une voie urbaine c'est sa complexité et la multiplicité de ses rôles. Elle accueille des activités qu'il faut desservir, elle est bordée de commerces, elle abrite la promenade ou le repos des citoyens, elle assure la desserte d'un quartier tout en favorisant le calme des riverains, ou bien encore, elle écoule un trafic important qu'il faut concilier avec un environnement correct aux habitants" (CETUR, AIVF, -Guide général de la voirie urbaine, CETUR, Bagneux, 1988, p.6). Il est clair que dans ces conditions, il peut sembler paradoxal de réduire la fonction de la voirie à sa seule dimension déplacement motorisé. Pourtant, qu'on le veuille ou non, le "[...] trafic motorisé vient bouleverser les usages traditionnels de la rue, au point que la fonction circulation joue un rôle dominant, voire exclusif dans ces espaces." (FAIVRE D'ARCIER, B. -La voirie urbaine : de l'accumulation à la gestion patrimoniale, Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon II, 1992, p.35). En faisant abstraction de ces usages traditionnels dans le cadre de notre recherche, notre propos n'est nullement de porter un jugement de valeur sur cet état de fait, ni de dénier à la rue sa multi-fonctionnalité.

Partant de cette idée, la question d'une possibilité d'extension de ce "principe" à des espaces publics semblait assez naturelle, et la rue - à la fois espace *et* élément d'un réseau (possédant donc une forte composante "fonction-déplacement") - apparaissait dès lors comme un terrain d'étude idéal.

...le constat d'une dualité paradoxale...

Se poser ce type de question justement à propos du réseau viaire semblait d'autant plus pertinent qu'une investigation bibliographique préliminaire avait montré l'existence assez paradoxale d'un véritable gouffre entre deux approches d'un même objet d'étude - la rue : les travaux de recherche traitant de la forme urbaine d'un côté, ceux étudiant la circulation automobile urbaine (travaux de type "ingénieur de trafic") de l'autre.

En simplifiant à l'extrême, on peut dire que pour les premiers⁴, le réseau viaire est un espace possédant une forme résultant d'un jeu d'interactions (déformations) avec d'autres constituants du tissu urbain (le bâti, le parcellaire...), et d'où toute dimension circulatoire est absente ; à l'inverse, les seconds⁵ considèrent la rue uniquement comme un tuyau où circule un fluide - le trafic automobile - régi par des "lois physiques" (en général empruntées à l'hydrodynamique).

Cette dualité⁶ se retrouve d'ailleurs de façon très marquée dans les modèles : ceux - très rares - traitant de la forme urbaine⁷, par opposition aux très nombreux modèles de trafic existants⁸.

4 A titre d'exemple, on peut citer les méthodes d'analyse de la forme urbaine développées par Alain Borie, Pierre Micheloni et Pierre Pinon (cf. BORIE, A. ; MICHELONI, P. ; PINON, P. -*Formes urbaines et sites de méandres*, GEFAU - CORDA, 1980)

5 Nous nous appuyons ici sur une recherche bibliographique préalable (cf. bibliographie relative aux modèles de transport et de trafic à la fin de ce mémoire). Nous ne citerons ici que deux ouvrages, qui dressent l'un et l'autre un panorama assez complet en matière de concepts et méthodes utilisés dans différentes théories de trafic.
COHEN, S. -*Ingenierie du trafic routier, éléments de théorie du trafic et applications*, Presses de l'E.N.P.C., Paris, 1990.

MERLIN, P. -*La planification des transports urbains*, Masson, Paris, 1984.

6 Cette dualité peut être située par rapport aux différentes approches de la rue que propose Bruno Faivre d'Arcier (FAIVRE D'ARCIER, B. -*La voirie urbaine : de l'accumulation à la gestion patrimoniale*, op. cit.) : une approche *réseau* (ingénieurs de trafic), où la voirie est assimilée à un ensemble de tronçons et de carrefours servant essentiellement à la circulation, et où l'offre est donc rapportée à une capacité ; une approche en termes d'*infrastructures* (génie urbain), qui s'appuie également sur la notion de réseau, mais en privilégiant une vision de la voirie comme équipement-support ; une approche en termes d'*espace*, où la rue est un volume, une trame de l'espace urbain, un élément du paysage et de l'animation de la ville ; une approche en termes de *domaine*, cette dernière étant par définition plus vaste que les trois précédentes (approches sectorielles), car elle définit un champ de compétences sur le

Parmi les premiers, il en est un qui illustre particulièrement bien notre propos : réalisé dans le cadre de l'Atelier d'Urbanisme de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées⁹, ce modèle, qui se proposait de mettre en évidence "*une organisation stable dans le chaos apparent des assemblages d'objets urbains*", décompose le tissu urbain en entités élémentaires dont le support physique est la parcelle additionnée de la "part" de voie (plus généralement, d'espace public) qui lui fait face : il est clair que dans cette vision, où la rue est découpée en fragments et absorbée par les parcelles qui la bordent, la dimension "circulation" de l'espace-voirie urbaine ne peut qu'être absente.

A l'autre extrême, les modèles de trafic font totalement abstraction de l'environnement territorial du réseau viaire : en d'autres termes, est évacué tout ce qui n'est pas flux automobile (les véhicules eux mêmes) - plus, éventuellement, sa régulation (signaux lumineux) - et la chaussée *stricto sensu* exprimée en "nombre de voies" (nombre de voies de passage libres pour les particules-véhicules). Ceci est d'ailleurs valable aussi bien pour les modèles microscopiques, qui prennent en compte chaque véhicule isolé¹⁰, que macroscopiques, où les véhicules sont agrégés en "flot"¹¹ et où le territoire traversé et desservi par le réseau viaire est pris en compte de manière extrêmement simplifiée et dans une optique purement circulatoire : l'espace géographique est découpé en zones, possédant des caractéristiques de "génération" de trafic, dont le seul rôle est d'alimenter le réseau en véhicules. Le territoire est ainsi assimilé à un semis de points (centroïdes de ces zones), considérés comme des "boîtes noires", et reliés entre eux par des éléments d'infrastructure du réseau routier ("tuyaux"). Bien évidemment, ces derniers ne

plan de la décision politique. La dualité qui nous intéresse concerne avant tout la première et la troisième approche.

- 7 A ce sujet, cf. STRANSKY, V. -*Modèles de production de formes urbaines : analyse critique*, rapport de DEA en Urbanisme et Aménagement, Institut d'Urbanisme de Paris - Université Paris XII, Juin 1990.
- 8 Si nous avons jugé utile de nous référer aux modèles, c'est que nous pensons que ces derniers constituent d'une certaine manière (au moins dans le domaine du trafic, où la modélisation n'en est pas à ses débuts, loin s'en faut) un bilan assez complet en matière de connaissances (et d'études "opérationnelles") sur un sujet donné.
- 9 BONADONNA, S. -*Formes urbaines : des lois de formation à l'adaptabilité*, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Atelier d'Urbanisme, Paris, 1985. Travail réalisé sous la responsabilité de Pierre RIBOULET, architecte et professeur à l'E.N.P.C.
- 10 Les principales variables prises en compte dans ces modèles sont la vitesse instantanée et l'accélération de chaque véhicule ainsi que les écarts entre véhicules successifs.
- 11 Le véhicule perd son individualité, et l'on raisonne alors en termes de concentrations, vitesses moyennes et débits sur une section de route. Notons au passage qu'on a parfois recours à une solution intermédiaire : le modèle semi-microscopique, qui regroupe les véhicules en pelotons.

représentent que les "principaux axes routiers" : la part du réseau définie par ces modèles comme étant "de desserte locale" est tout simplement ignorée¹², absorbée par la boîte noire.

...des questions qui en découlent...

Tous ces constats appellent un certains nombre de questions. Par exemple, il est clair que l'un des présupposés (souvent implicite) des modèles macroscopiques de trafic est que les rues éliminées lors de la simplification ne servent qu'à rabattre le trafic vers les "grands axes" routiers retenus. Mais ce postulat ne mériterait-il pas d'être vérifié expérimentalement, de manière un peu systématique ?

Parallèlement, en admettant ce postulat (somme toute intuitivement assez raisonnable), c'est à dire en partant du principe qu'au delà d'une certaine distance entre l'origine et la destination, l'automobiliste commence (premières minutes du déplacement) à se rabattre sur un "grand axe" pour effectuer la majeure partie du trajet en empruntant uniquement des "grands axes", puis utilise de nouveau le réseau des voies de desserte locale en fin de parcours (éclatement), n'y aurait-il pas lieu de s'intéresser plus précisément à ces déplacements initiaux et finaux - à l'intérieur des fameuses boîtes noires des modèles de trafic ?

Les caractéristiques formelles des infrastructures (en milieu urbain : les rues) à l'intérieur de ces boîtes noires jouent-elles un rôle dans la manière dont s'effectuent ces rabattements et ces éclatements du trafic automobile ?

Et si oui, lesquelles parmi ces caractéristiques sont déterminantes ?...

...et une série de choix préliminaires.

Ces quelques interrogations reposent tout en le précisant le problème d'un lien entre deux caractéristiques (il serait plus juste de dire : deux groupes de caractéristiques) de la voirie urbaine : sa fonction (ou plutôt l'une des fonctions - le déplacement automobile) et sa forme. Toutefois, il est clair que formulée de cette manière, la question est trop vaste pour pouvoir servir de point de départ à un travail de recherche, et des choix ont donc été faits pour en limiter l'étendue.

12 On notera qu'en milieu urbain surtout, cette "part de réseau ignorée" constitue l'essentiel de sa longueur.

D'emblée, deux grandes options, toutes deux *a priori* envisageables et aussi intéressantes l'une que l'autre, se présentaient à nous : faut-il traiter l'influence de la forme sur la fonction, ou celle de la fonction sur la forme ? Les deux approches sont très différentes.

Dans le premier cas, l'idée est celle d'une configuration spatiale de l'infrastructure viaire prise comme une donnée¹³ dont on se demande comment elle influe sur les caractéristiques du trafic qu'elle supporte ; *a priori*, et quelle que soit la définition du trafic (microscopique ou macroscopique), ce type d'étude est synchronique et relève des comportements (agrégés ou non) des automobilistes placés dans une situation donnée.

Dans la seconde option, la recherche devrait probablement être diachronique (historique ?) puisqu'il s'agirait d'étudier le processus d'évolution de la configuration spatiale (en termes d'aménagements, entre autres) de la rue lorsqu'elle change de fonction-déplacement¹⁴.

Nous avons choisi de nous intéresser au premier aspect de la question - celle d'une éventuelle influence de la forme sur la fonction.

Ce premier choix étant fait, nous nous sommes demandés si - par analogie avec les modèles de trafic urbain qui, on l'a vu, ont fait l'objet d'une recherche préliminaire - nous nous placerions dans une optique macroscopique ou microscopique.

Dans le premier cas, la fonction serait définie en termes de fluides (concentrations, débits...) et la forme caractériserait un réseau viaire (à l'intérieur de limites géographiques) pris dans son *ensemble*¹⁵.

13 Ce qui signifie en particulier qu'on laisse totalement de côté toute question relative à la *production* de cette configuration spatiale : on la prend comme elle est.

14 Quelle que soit la cause de ce changement de fonction : il peut s'agir aussi bien d'une volonté de l'aménageur (modification de l'offre pour encourager la concentration des flux automobiles sur certains axes au moyen d'aménagements idoines) que d'une réponse à une demande forte (engorgements permanents sur certains axes). Notons cependant qu'en abordant la question sous cet angle, la coupure entre les deux "sens de lecture" (influence de la fonction sur la forme ou de la forme sur la fonction) devient un peu artificielle dans la mesure où l'on pourrait imaginer l'hypothèse d'un rapport dialectique entre l'offre (se traduisant par la "forme" des infrastructures) et la demande (se traduisant par des caractéristiques de trafic sur les infrastructures).

15 Il est à noter que la forme globale d'un réseau peut être décrite de différentes manières. Par exemple, la théorie des graphes permet de qualifier un réseau du point de vue de son maillage, de la connexion qu'il assure (ou non) entre points singuliers du territoire desservi, de sa densité, de sa capacité à transmettre les flux... ; parmi les nombreux ouvrages traitant de l'application de cette théorie à l'étude des réseaux, contentons nous ici de citer DUPUY, G. -*Systèmes, réseaux et territoires*, Presses de l'E.N.P.C., Paris, 1985. D'autres pistes, empruntées à d'autres domaines, auraient pu être envisagées : caractériser la forme d'un réseau par sa dimension fractale (FRANKHAUSER, P. -*La fractalité des Structures urbaines*, Anthropos, collection Villes, Paris, 1994), auquel cas la fonction pourrait s'analyser en

Dans une approche microscopique, la question relève des comportements "tactiques" individuels des véhicules (des automobilistes plutôt)¹⁶ à l'intérieur d'un *élément* de réseau (une rue, un tronçon de rue) ; la "forme du réseau" doit dans ce cas être comprise comme étant celle de cet élément pris individuellement (caractéristiques formelles "locales")¹⁷.

Notre choix s'étant porté sur la seconde approche, nous avons pu, au terme de ce travail préliminaire, proposer une première formulation de la question centrale de notre travail :

Dans quelle mesure les caractéristiques formelles d'une rue influent-elles sur la vitesse de parcours de cette dernière par les automobiles ?

Un domaine encore peu exploré...

Cette formulation nous a amené à effectuer une recherche bibliographique succincte sur les interactions entre flux de véhicules et caractéristiques formelles de l'infrastructure-support de ce flux (dans la terminologie des modèles de trafic, on pourrait parler de "frottements" entre le "fluide" et les parois du "tuyau"), phase préliminaire semblant montrer que ce thème a jusqu'à présent été peu abordé. Cet état de fait - qui devra être relativisé par une recherche plus approfondie et plus systématique - constitue pour nous un handicap, puisque nous ne disposons ni de cadre théorique préexistant, ni d'exemples sur lesquels s'appuyer : nous nous aventurons en terrain inexploré. En contrepartie, cette situation offre du même coup de nombreuses possibilités d'effectuer une recherche réellement originale. Il convient toutefois de préciser que le champ d'application de ce créneau est vraisemblablement étroit, car limité au réseau viaire de desserte locale peu chargé en véhicules : en effet, pour les voies

termes de densification des flux (THIBAUT, S. -*Modélisation morpho-fonctionnelle des réseaux d'assainissement urbain à l'aide du concept de dimension fractale*, Thèse de doctorat d'Etat, Université Claude Bernard Lyon I, 1987), ou encore s'intéresser à la "perméabilité" du réseau en fonction du maillage (GUYON, E. ; MITESCU, C. - "Percolation et contagion" in *Cahiers S.T.S. - Jeux de réseaux*, Editions du C.N.R.S., Paris, 1986, pp. 113-137).

16 Comportement pouvant se traduire en termes de vitesse pratiquée.

17 Il est à noter qu'il serait parfaitement envisageable d'aborder la question posée en termes de comportements individuels, mais dans une optique globale (donc sous un angle non plus tactique mais stratégique), en étudiant par exemple l'utilisation par les automobilistes du réseau viaire en termes de rabattements (PAILHOUS, J. -*La représentation de l'espace urbain - l'exemple du chauffeur de taxi*, P.U.F., Paris, 1970 ; relève du domaine des représentations mentales d'un réseau).

principales conçues pour un trafic dense, l'approche des modèles de trafic classiques, assimilant ces dernières à un assemblage de tuyaux canalisant un flux dont l'écoulement est régi par des lois indépendantes du milieu traversé, est sans doute recevable, notamment pour des concentrations fortes (cas où la vitesse est déterminée presque exclusivement par la concentration).

...d'un intérêt heuristique et opératoire...

Malgré cette limite, et en laissant de côté l'originalité déjà évoquée du sujet ("connaissance pour la connaissance" d'un aspect mal connu de la voirie urbaine), celui-ci n'en présente pas moins un intérêt sur plusieurs plans :

-En matière de sécurité routière tout d'abord : les pertes humaines provoquées par les accidents automobiles depuis la diffusion en masse de ce mode de transport étant comparables à celle d'une guerre¹⁸, la régulation de la vitesse - facteur augmentant aussi bien le nombre que la gravité des accidents - constitue un enjeu capital¹⁹. A défaut de placer un agent de police à chaque carrefour, une meilleure connaissance de tout ce qui favorise ou décourage la vitesse (du moins statistiquement, dans les cas non pathologiques, et hormis les panneaux de signalisation et les ralentisseurs) pourrait contribuer à l'élaboration d'outils opérationnels de planification urbaine des plus intéressants ("formes urbaines ralentisseuses").

-Sur un plan plus théorique, outre l'intérêt d'enrichir (nous l'espérons en tous cas) les réflexions d'ordre général sur les réseaux territoriaux, notre tentative d'articulation et de rapprochement entre deux visions différentes d'un même objet - celle de l'ingénieur et celle de l'architecte - pourrait contribuer à affiner la modélisation du trafic grâce à une meilleure connaissance de la partie

18 L'analogie n'est pas excessive : considéré par Michel Frybourg comme "*cas exemplaire d'un problème généré par le développement technologique et ses prolongements psychologiques, sociologiques et économiques*" (FRYBOURG, M. - *Enseignement supérieur de transport, Tome 1, Paradigme*, Cæn, 1985, p.10), le problème de l'insécurité routière fait figure de véritable fléau de notre société. Selon Christian Gerondeau, le nombre cumulé de tués par accident de la route depuis 1945 s'élèverait en France à trois cent cinquante mille ; le nombre de blessés à huit millions (GERONDEAU, C. - *La mort inutile*, Plon, Paris, 1979).

19 De nombreux experts ont proposé des méthodes d'évaluation du coût global d'un accident incluant les coûts des tués (bien qu'il soit difficile d'attribuer une valeur monétaire à la vie humaine) et des blessés, les coûts matériels et les frais de gestion et de justice. Selon Michel Frybourg, ce coût s'élève à quarante huit milliards (!) de francs 1980 pour la seule année 1979 (FRYBOURG, M. - *Enseignement supérieur de transport, Tome 1, op. cit.*)

"capillaire" de l'infrastructure du réseau de voirie urbaine²⁰ - celle correspondant aux extrémités des déplacements automobiles, peu étudiées à ce jour. Par ailleurs, il nous semble important de multiplier les tentatives d'articulation entre différentes approches afin de favoriser des démarches fondées non plus sur la concurrence, mais sur la coopération (la "stricte séparation des tâches" a donné nombre de résultats assez catastrophiques) : nous pensons qu'en matière d'aménagement urbain, il est impératif de *"développer un nouveau savoir-faire interdisciplinaire au niveau de la conception et de l'aménagement de l'espace public, en intégrant les aspects urbanisme et circulation"*²¹.

-Par l'importance de l'objet d'étude²² : importance physique, puisque *"[...] la surface de la voirie (trottoirs compris) représente 18% de la ville à Tokyo, 21% à Londres, 23% à Paris [...]"*²³ ; importance budgétaire également, par son poids dans les dépenses communales, en investissement et en fonctionnement (le secteur de la voirie est le second poste de dépenses dans la comptabilité des communes françaises de plus de dix mille habitants).

-On pourra enfin noter que ce travail s'inscrit de plain pied dans l'actualité de la réorganisation de la circulation automobile dans la capitale²⁴ : affichant une volonté de hiérarchiser le réseau viaire (réduire le trafic de transit dans certains quartiers pittoresques et concentrer la circulation sur les 300 kilomètres de voies principales), la Ville de Paris impose désormais six vitesses différentes en fonction du type de voie²⁵. Dans ce cadre, il est sans doute légitime de s'interroger sur l'adéquation entre une vitesse imposée dans une rue par un panneau de limitation de vitesse (encore faut-il qu'il soit respecté...) et la vitesse "naturellement adoptée" par l'automobiliste dans cette rue en fonction des caractéristiques formelles de cette dernière.

20 Notons toutefois que pour rendre cette recherche directement utilisable en modélisation du trafic urbain, il serait sans doute nécessaire de l'orienter quelque peu différemment, par exemple en étudiant les interactions entre les caractéristiques de trafic sur le réseau de desserte locale et celles du trafic sur le réseau principal.

21 VAHL, H.G. ; GISKES, J -*Urbanisme et trafic : de la guerre à la paix*, CETUR, Bagneux, 1988, p.5.

22 comme le souligne Bruno Faivre d'Arcier dans sa thèse *La voirie urbaine : de l'accumulation à la gestion patrimoniale*, op. cit., pp. 18-22.

23 MERLIN, P. - *La planification des transports urbains*, op. cit., p.77.

24 BIETRY-RIVIERE, E. - "Le casse-tête des limitations de vitesse", in *Le Figaro*, 25 octobre 1994.

25 Périphérique : 80 km/h ; Voies sur berge : 70 km/h ; Accès autoroutes : 60 km/h ; Ville : 50 km/h ; Souterrains : 45 km/h ; Zones semi-piétonnes : 30 km/h.

...qui sera abordé de manière expérimentale.

Pour traiter la question posée, nous commençons, dans une première partie, par la situer dans un cadre théorique susceptible de fournir les concepts et la terminologie nécessaires à la construction du modèle d'analyse, objectif final de la première partie. Ce cadre théorique s'appuie sur des éléments empruntés au domaine de la psychologie - plus précisément, la psychologie de comportement du conducteur - et à celui de la théorie territoriale des réseaux.

La seconde partie - essentiellement descriptive - présente les difficultés liées au choix d'un terrain d'analyse adapté aux exigences du modèle construit précédemment et propose une méthode pour traiter ce terrain - l'Analyse des correspondances multiples.

La troisième et dernière partie constitue l'étape de la confrontation du modèle d'analyse à la réalité observée.

PARTIE 1

-

Conduire dans un point-de-réseau

*Il faut en revenir sans cesse à l'objet en ce qu'il a de
brut, mais toujours chercher la cruchéité sous la cruche.*

F. PONGE

INTRODUCTION

Avec les deux autres piliers de la connaissance humaine - l'*observation* et l'*expérimentation* - la *théorie* est une étape intermédiaire essentielle, dans la mesure où elle constitue un cadre dans lequel s'inscrit le résultat de l'observation (perception d'un phénomène, ou parfois simple intuition née de l'imagination du chercheur). C'est également elle qui fournira les éléments nécessaires pour bâtir un modèle (dont la validité sera - ou non - confirmée par l'expérience) et un protocole expérimental approprié (qui permettra la réalisation concrète de la phase expérimentale proprement dite). Dans le cas qui nous occupe, et dans cette vision très simplifiée²⁶, "l'observation" se résume à un constat plus ou moins intuitif (fondé sur l'expérience personnelle préalable) de l'adaptation de la vitesse des automobilistes au "type" de rue où ils circulent ; la "théorie" proposée est que cette vitesse est sinon déterminée, du moins conditionnée de manière significative par des caractéristiques formelles de cette rue ; c'est cette théorie qu'il s'agit de valider par l'expérimentation (observation systématique et codifiée) lors d'une phase qui devra également établir une hiérarchie parmi ces caractéristiques formelles (y en a-t-il dont le rôle - si rôle il y a - est prédominant ?).

Le point de départ de ce travail est une question concernant deux concepts (pouvant sans doute être déclinés sous forme de variables), la "forme" d'un élément de voirie urbaine et la vitesse du trafic automobile qu'il supporte : le premier influe-t-il sur le second ?

On le voit, la question renvoie à des notions empruntées au monde des réseaux : implicitement, on considère un quartier urbain comme un assemblage d'*arcs*, supportant chacun du trafic automobile et pouvant donc être caractérisé par une *vitesse moyenne de flux*... autant de notions qui méritent d'être précisées et situées dans le cadre conceptuel de la théorie des réseaux (qui fera l'objet d'un développement au chapitre 2) ; chacun des "tuyaux" constitutifs du réseau viaire

26 Dans la mesure où d'une part, théorie et expérimentation ne sont qu'une approximation - souvent très fruste - du phénomène qu'elles décrivent, et où d'autre part, elles sont toujours susceptibles d'évoluer par l'introduction de nouvelles données, sans doute le fameux "trépied" (observation, théorie, expérimentation) menant à la connaissance scientifique devrait-il s'écrire plutôt sous la forme d'un cycle sans fin : observation approximative, théorie approchée, expérimentation simplifiée, puis théorie-fille (un peu mieux adaptée que l'ancienne théorie), nouvelles observations approximatives, autres expériences simplifiées, et ainsi de suite...

urbain peut en outre être décrit par sa "forme", concept nécessitant lui aussi une définition précise (chapitre 3) .

Mais avant d'en arriver à un stade d'agrégation où l'on puisse parler "d'arcs" supportant des "flux" et de la manière dont ceux-ci sont conditionnés par la "forme" du "tuyau", il est une étape microscopique indispensable pour construire un modèle d'analyse défendable (objectif final de cette première partie ; la construction de ce modèle est détaillée au chapitre 3) : il semble en effet difficile de faire l'impasse sur le principal intéressé - l'automobiliste lui-même. De ce fait, il est nécessaire de commencer par s'intéresser au comportement d'un automobiliste face à son environnement visuel : c'est l'étude de ces aspects de la psychologie du conducteur qui fait l'objet du chapitre 1.

CHAPITRE 1 - MODELES DU COMPORTEMENT DU CONDUCTEUR

Introduction

Quels sont les éléments susceptibles d'influer sur la vitesse adoptée par un conducteur ? C'est là une question constituant un préalable nécessaire à cette étude. En effet, des facteurs que l'on peut qualifier de *morphologiques* (ou formels) d'un élément d'infrastructure viaire (ce qui suppose par ailleurs une délimitation claire de ce dernier, ainsi qu'une définition précise de la "morphologie") ne constituent qu'un aspect de l'environnement visuel de l'automobiliste. La nature "exploratoire" du travail (tester la pertinence d'une prise en compte de la morphologie urbaine pour analyser des flux) ne signifie pas que le choix des variables doive être effectué au hasard. Un minimum de justification s'impose, ne serait-ce que pour les deux raisons suivantes :

primo, opérer "à l'aveuglette", ce serait prendre le risque de passer à côté de variables essentielles : *a priori*, on pourrait multiplier le nombre de variables à l'infini ; lesquelles choisir ? L'objectif de ce travail n'est pas de dresser une liste exhaustive de facteurs - et tout particulièrement de facteurs morphologiques - pouvant être considérés comme caractéristiques d'un élément de voie urbaine, mais d'une part de tenter d'isoler ceux qui, pour des raisons justifiables par un raisonnement explicatif, pourraient avoir un impact suffisant sur la vitesse adoptée par l'automobiliste²⁷ pour que leur effet soit observable, d'autre part d'essayer de mesurer l'influence de ces caractéristiques formelles de l'arc par rapport au rôle de facteurs autres que "morphologiques" (ce dernier point est essentiel pour l'intérêt opératoire de cette recherche) ;

27 Comme le note Dominique Fleury en parlant du problème de la contradiction et de la non cohérence entre une analyse en plan effectuée par l'aménageur et la perception des séquences visuelles par le conducteur au volant de son véhicule : "*ce qui apparaît en bordure de la chaussée, dans le champ visuel du conducteur, donne une image de ce qui est le quartier traversé, image vraie ou fausse, mais le seul indice que peut utiliser le conducteur pour prévoir et anticiper toute perturbation, demande, mouvement découlant de la vie locale*" (FLEURY, D. -*Ce que l'on pourrait dire sur la lisibilité de la route à partir des études diagnostic*, note interne INRETS, Arcueil, avril 1986, p.6)

secundo, l'interprétation des résultats (qui en soi n'ont aucune valeur scientifique) aurait un caractère gratuit (pourquoi interpréter de telle manière plutôt que de telle autre ?).

Une grille d'analyse de l'objet {automobiliste + automobile} est donc nécessaire. Cette grille d'analyse, nous l'avons cherchée de façon empirique, dans un premier temps en essayant de rassembler le maximum de travaux traitant de questions proches... pour nous apercevoir qu'un tel bilan avait déjà été fait dans le cadre d'une thèse récente à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées²⁸. Si la problématique de ce travail (modélisation de l'insécurité routière) est différente de la nôtre de même que l'objet d'analyse (trafic de transit sur une grande route traversant une petite agglomération), sa référence conceptuelle - les théories et modèles du **comportement du conducteur** - nous intéresse évidemment au plus haut point dans la mesure où dans ce cadre, des facteurs extérieurs liés à l'environnement plus ou moins immédiat du véhicule en mouvement (ou plus précisément : la perception qu'en a l'automobiliste) jouent un rôle primordial.

L'objet de ce premier chapitre est donc de présenter quelques-uns des aspects de la psychologie du comportement appliquée au cas particulier du conducteur ; pour ce faire, on s'appuie dans une large mesure sur la thèse de Yarob Badr, notamment sur la partie documentaire qui constitue un bilan vraisemblablement proche de l'exhaustivité en matière de théories sur les règles régissant les comportements de l'automobiliste²⁹.

Nous commençons par donner un bref aperçu des modèles dans ce domaine, aperçu très incomplet, certes, mais présentant de manière synthétique ceux qui nous paraissent être particulièrement significatifs et utiles à notre travail ;

nous donnons ensuite quelques-uns des résultats de la thèse de Yarob Badr. Ces résultats comprennent un examen critique du matériel bibliographique

28 BADR, Y. -*Influence de l'environnement routier sur le comportement des conducteurs*, Thèse de Doctorat spécialité Transport, E.N.P.C., Paris, 1991.

29 Entamer une recherche bibliographique pour constater, en cours de route, que ce travail a déjà été réalisé auparavant par quelqu'un d'autre est certes un peu frustrant ; cela dit, le fait de pouvoir s'appuyer sur une thèse si richement documentée (le bilan fait par Yarob Badr est à la fois international et historique) fait gagner beaucoup de temps ; par ailleurs, il était assez rassurant de voir se dessiner une véritable "convergence d'opinions" (celle de Y. Badr et celle fondée sur notre recherche bibliographique inachevée) quant au caractère fortement "expérimental" (pas de théorie unifiée) du champ traité.

ayant servi de base à la partie "documentaire" de la thèse, une proposition pour un modèle global de comportement, et un certain nombre de résultats pratiques obtenus en appliquant ce modèle au cas particulier de petites agglomérations traversées par un axe routier important.

1.1.- Une multitude de modèles...

L'étude de l'activité du conducteur s'insérait à l'origine dans le cadre des recherches relatives à ce que l'on pourrait appeler la "compréhension du fonctionnement de l'homme". Toutefois, un axe de recherche spécifique au comportement du conducteur finit par s'établir dans le champ disciplinaire de la psychologie - la **psychologie de la conduite**. L'objet de cet axe de recherche est la connaissance des mécanismes de fonctionnement de l'opérateur humain, considéré comme "régulateur ultime" dans le système complexe de la circulation automobile. Les théories dans ce domaine sont nombreuses. Certaines trouvent leurs origines dans des cadres théoriques préexistants (la *théorie du champ* en psychologie, *l'homéostasie* en biologie, la *théorie de la maximisation de l'utilité* en économie...) et relèvent donc d'une démarche déductive ; d'autres sont issues d'expérimentations et d'observations réalisées dans le domaine spécifique du comportement du conducteur : les effets observés sont, par induction, formalisés pour déboucher sur la proposition d'un modèle, d'une théorie ou d'une loi (devant évidemment être affinée - voir validée - par d'autres données, d'autres expériences). Il ne s'agit pas de dresser ici un bilan complet des théories du comportement existantes, mais d'esquisser un bref aperçu de certaines des plus connues³⁰.

1.1.1.- J.J. Gibson et L.E. Crooks : une analyse de la conduite automobile

Chronologiquement, le premier modèle de comportement du conducteur est sans doute celui de Gibson et Crooks (1938). Ce modèle s'appuie sur la théorie du champ de Kurt Lewin (1936) : dans cette théorie, l'automobiliste et son

³⁰ Pour un bilan plus complet et plus détaillé, nous renvoyons le lecteur à la thèse de Yarob Badr, notamment aux pages 73-113.

environnement forment un tout, de sorte qu'un comportement est déterminé non pas par un stimulus isolé, mais par la totalité des constituants (en interaction) de l'organisme du conducteur et de cet environnement.

La conduite automobile est, dans ce modèle, une tâche perceptive "d'évitement d'obstacles", guidée par la vision à travers un champ visuel. Ces obstacles, latéraux (bordures de la route, fossés, accotements, murs, voitures en stationnement, lignes de marquage, piétons...) et frontaux (autres véhicules en déplacement, feux de signalisation, agents de police...) délimitent le "**champ de sécurité**" (*Field of Safe Travel* : **FST**), qui est censé posséder une existence objective, et qui suit le mouvement du véhicule tout en se modifiant selon le tracé de la route, les conditions de circulation, etc. Le ratio entre la longueur de ce FST et la distance minimale d'arrêt (distance de freinage, fonction de la **vitesse**) mesure le niveau de prudence du conducteur (pour un FST donné, plus la vitesse augmente, plus la distance de freinage s'allonge et se rapproche du FST, et plus la conduite devient dangereuse). Le conducteur est donc amené, tout au long de son déplacement, à faire des compromis entre différents facteurs l'incitant à la vitesse d'un côté, sa sécurité de l'autre, celle-ci pouvant être analysée en termes de facteurs "limitateurs de vitesse", car influant sur la forme du FST :

1- les facteurs naturels, qui ne sont pas à proprement parler des obstacles, mais plutôt des "réducteurs du champ de vision" : brouillard, éblouissement, limites physiques, capacité lumineuse des phares (en conduite nocturne)...

2- les limites dynamiques, par exemple les limites dues à la probabilité de dérapage à une vitesse donnée dans un virage de rayon de courbure donné ;

3- les obstacles proprement dits, le processus d'évitement d'un obstacle dépendant de la nature de ce dernier : dans ce modèle, chaque type d'obstacle possède en effet une auréole de "lignes de contour" (*clearance lines*) dont le nombre est fonction du sentiment de danger (ressenti par le conducteur) lié à une collision potentielle avec l'obstacle (pour une même configuration de l'infrastructure routière, un précipice aura ainsi plus de lignes de contour qu'un simple fossé, un camion en aura plus qu'une motocyclette) ;

4- les obstacles en mouvement, qui amènent le conducteur à anticiper selon une estimation résultant de son expérience ;

5- les obstacles potentiels - estimés là encore selon l'expérience du conducteur - au delà de différentes barrières de visibilité qui, grâce à cette

estimation, sont dotées de lignes de contour correspondant aux obstacles probables cachés derrière³¹ ;

6- les obstacles légaux, dont la présence à l'intérieur du FST peut avoir un impact "limitateur de vitesse" important (présence d'un agent de police...) ; toutefois, le rôle des obstacles légaux fixes (signalisation verticale et horizontale) reste limité... et diminue avec le temps.

Dans leur modèle, Gibson et Crooks s'intéressent également au rôle du véhicule, sorte d'intermédiaire entre l'environnement et le conducteur, transmettant à ce dernier toute une panoplie d'impressions autres que visuelles (auditives, tactiles, kinesthésiques...), complément indispensable indiquant à l'automobiliste l'orientation et la position du véhicule par rapport au FST³².

Enfin, le problème des FST des autres automobilistes est abordé, ces derniers étant considérés comme des obstacles à éviter, dont les FST sont supposés ne pas déborder sur celui du conducteur étudié. Il est à noter que dans ce modèle, l'automobiliste, mû par un sentiment de compétition bien plus que par celui de coopération, aurait tendance à essayer d'obliger les autres à modifier leur trajet pour l'éviter.

Si nous avons jugé utile de développer un peu le modèle de Gibson et Crooks, c'est que malgré son âge, il reste sans doute *"parmi les modèles les plus convaincants en matière de comportement du conducteur"*³³. Cependant, bien que *"souvent cité, même parfois apprécié"*, il n'a pour ainsi dire **jamais été mis en application ultérieurement**.

Très différent du modèle précédent, le modèle de Taylor peut néanmoins être considéré comme lui étant apparenté. Mis au point au cours des années soixante, il est fondé sur certains acquis de la physiologie : il s'agit en effet de déceler des manifestations biologiques mesurables³⁴ provoquées par les activités neuro-psychologiques liées à la conduite automobile, et ce dans des situations de conduite diverses. C'est sur la base de ce genre d'observations que

31 On notera ici le rôle des panneaux de signalisation, destinés à aider le conducteur dans son estimation ; ce rôle s'atténue cependant très fortement avec le temps, l'automobiliste se fiant de plus en plus à son impression plutôt qu'à l'avertissement indiqué par les panneaux signalant des obstacles "probables".

32 Il est à noter que, l'expérience aidant, le véhicule - comme tout autre outil - se transforme, entre les mains du conducteur chevronné, en une sorte d'extension physique du corps de ce dernier.

33 BADR, Y. p.80.

34 comme par exemple la conductivité électrique de la peau, les mouvements oculaires, les enregistrements Electro-EncéphaloGrammes (E.E.G.) ou Electro-CardioGrammes (E.C.G.)...

Taylor élabore sa théorie, selon laquelle le produit du niveau de vitesse (pratiquée par le conducteur) par le niveau du risque perçu (mesurable grâce à des modifications biologiques) est une constante, dont la valeur est fonction à la fois de facteurs externes au conducteur (contraintes de temps, par exemple) et de facteurs internes (âge, nervosité...). Finalement, il ne s'agit là que d'une autre formulation du modèle de Gibson et Crooks, selon lequel "*chaque conducteur se comporte de manière à garder à un niveau constant le ratio entre le champ de conduite sûre est la distance minimale nécessaire pour l'arrêt*"³⁵.

1.1.2.- Allen-Lunenfeld-Alexander : hiérarchisation de la tâche de conduite

En 1971, T.M. Allen, H. Lunenfeld et G.J. Alexander présentent, lors d'un séminaire du Highway Research Board, les résultats d'une recherche sur la tâche de la conduite entamée cinq ans plus tôt par Alexander, King et Warskow, et fondée sur une méthode élaborée en 1959 par L.M. Seale dans le cadre d'une modélisation de sous-systèmes militaires. Le modèle de base de cette méthode - *perception-décision-action* - fait ressortir les trois points suivants :

1- la tâche de conduite peut être considérée comme la superposition de sous-tâches en interaction les unes avec les autres, s'effectuant parfois simultanément ;

2- ces sous-tâches peuvent être hiérarchisées sur la base de deux critères : le *temps* nécessaire à l'accomplissement de la sous-tâche et le *niveau de conscience* que cette sous-tâche requiert de la part du conducteur ;

3- cette hiérarchisation aboutit à la classification des sous-tâches en trois niveaux :

- le niveau de la "micro-performance" (*control*), qui regroupe essentiellement les activités consistant à *maintenir la trajectoire* (ce qui nécessite des informations telles que la position des bordures de la route, par exemple), et à *réguler la vitesse* (actions d'ajustement en fonction du tracé de la route, de son environnement, de la visibilité, de l'état physique du conducteur...) ; ce premier niveau (contrôle du

35 BADR, Y. p.82.

véhicule) implique également une anticipation des futures régulations... ce en quoi il se rapproche du FST de Gibson et Crooks ;

- le niveau de la "performance situationnelle" (*guidance*) regroupe les *manœuvres* spécifiques (doubler une voiture, suivre un véhicule, éviter un piéton...) dont la réalisation est liée aussi bien à la *perception* par l'automobiliste d'une situation donnée qu'à sa *capacité à réagir* de façon idoine, ce qui sous-entend que le conducteur possède un "stock de connaissances" préalables ainsi qu'une capacité de compréhension d'une situation donnée ; pour mener à bien une tâche situationnelle, le conducteur doit se livrer à une exploration systématique de l'environnement pour recueillir des informations de natures diverses ;

- le niveau de la "macro-performance" (*navigation*) concerne les sous-tâches liées à la *planification* du trajet et à la *réalisation* de ce dernier (au cours duquel l'activité principale consiste en une recherche directionnelle).

Cette conception très hiérarchisée (le modèle d'Allen *et alii* est appelé aussi *modèle hiérarchique de la tâche de conduite*) suggère des interactions entre sous-tâches appartenant à des niveaux différents : "[...] une stratégie de navigation conditionne la réalisation des manœuvres au niveau de la performance situationnelle" de même qu'elle "influe sur le choix de la vitesse [...] au niveau du contrôle" ; inversement, "une voiture qui fonctionne mal en cours du déplacement pourrait amener le conducteur à modifier sa destination et à orienter sa stratégie de recherche directionnelle dans le but de trouver la première station-service ; le fait de rencontrer une congestion pourrait aussi amener le conducteur à entamer une activité de navigation qui vise à trouver des routes alternatives"³⁶.

1.1.3.- Le modèle de fonctionnement de l'opérateur

Ce modèle a été formulé par le chercheur danois Jens Rasmussen en 1983 ; consacré à l'origine à la description et à l'explication du comportement de l'homme dans la réalisation de tâches de contrôle sophistiquées dans le domaine industriel, il a été appliqué à la conduite automobile par Hale et Stoop en 1989. Dans ce modèle, l'être humain ne fonctionne pas de façon déterministe (entrées/sorties), mais serait une "*goal-oriented creature*", cherchant activement

36 BADR, Y. p.87.

les informations dont il a besoin pour atteindre des buts préalablement sélectionnés. Pour décrire ce comportement - orienté par une *finalité*, donc - Rasmussen propose trois niveaux de fonctionnement :

- le comportement d'habileté (*skill based behavior*), regroupant des performances de type "sensori-moteur", liées à des activités familières ne nécessitant pas de contrôle conscient (à ce niveau, le corps humain fonctionne comme un "*système de contrôle permanent et multivariable qui synchronise les mouvements par rapport au comportement de l'environnement*"³⁷) ;

- le comportement régi par des règles (*rule-based behavior*), correspondant à des tâches relativement familières, dont la mise en œuvre nécessite cependant le recours à des "règles stockées", choisies en fonction d'expériences préalables analogues ; la principale différence avec les performances du type sensori-moteur est le niveau de sollicitation de la conscience de l'opérateur : à l'opposé des tâches régies par le *skill-based behavior*, l'automobiliste est ici parfaitement capable de décrire à la fois le processus de contrôle et la nature des informations requises ;

- le comportement fondé sur la connaissance (*knowledge-based behavior*) est le type de fonctionnement rencontré dans des situations peu familières et pour lesquelles l'opérateur ne dispose pas de "règles stockées" préalables ; une telle tâche implique la formulation explicite d'un but, ainsi qu'une analyse consciente de l'environnement et des actions à effectuer.

1.1.4.- Van der Mollen et Bötticher ou le modèle hiérarchique du risque

Le modèle de H.H. van der Mollen et A.M.T. Bötticher (Université de Groningen, Hollande, 1986) fait partie de la grande famille des "modèles du risque"³⁸, fondés, comme l'indique leur nom, sur le rôle et la prise en compte (ou non) du risque dans le comportement du conducteur.

³⁷ BADR, Y. p.90.

³⁸ parmi lesquels nous ne ferons que citer le *modèle du risque zéro* de Summala et Näätänen, le *modèle de l'évitement de la menace* de Fuller, et le *modèle de l'homéostasie du risque* de Wilde.

Appliquant à un exemple concret de manœuvre courante en conduite automobile (il s'agit de la manœuvre de dépassement) la *théorie de l'utilité subjective* d'Edwards³⁹, les deux chercheurs proposent un modèle de comportement fondé sur la distinction de trois niveaux hiérarchiques, permettant de décrire les processus de perception, de jugement et de décision de l'automobiliste :

- un niveau stratégique (*planning*), correspondant à la planification du trajet ; à ce niveau, on parle "*d'acceptation du risque*" (pour un motif de déplacement, un mode de transport, une estimation de la vitesse de croisière et un itinéraire donnés, l'automobiliste *accepte* de courir un risque lié à ce déplacement) ;

- un niveau tactique (*manoeuvring*), relatif aux *choix* des manœuvres ; à ce niveau, on parle de "*prise du risque*" (ayant décidé d'effectuer un changement de direction, un dépassement, un crochet pour éviter un piéton, bref, une manœuvre quelconque dans une plage de temps donnée, l'automobiliste *prend* un risque, fonction de cette manœuvre) ;

- un niveau opérationnel (*control*), qui est le niveau de la réalisation des manœuvres choisies au niveau précédent : par exemple, des actions sur le volant et sur l'accélérateur maintiennent au niveau opérationnel la direction et la vitesse "sélectionnés" au niveau tactique ; ce même type d'action permet d'éviter des menaces soudaines (réactions d'urgence). Ces tâches faisant intervenir des niveaux bas de conscience, le *facteur risque n'apparaît pas comme préalable à la décision* (contrairement aux deux niveaux précédents).

Outre le fait de correspondre très exactement à la classification en sous-tâches (bien que la présentation soit faite dans l'ordre inverse) du modèle de Allen *et alii* (la référence à ce dernier n'étant d'ailleurs qu'implicite, van der Mollen et Bötticher n'y faisant allusion à aucun moment de leur développement), ces trois niveaux diffèrent par la signification de l'environnement physique du conducteur : constitué par des "modes de trafic" ou des "itinéraires possibles" au niveau stratégique, cet environnement devient "une situation donnée" (complétée par ses "évolutions possibles") au niveau tactique, et se réduit aux

³⁹ Selon cette théorie, l'être humain est un décideur rationnel et parfaitement informé ; on peut évidemment contester le bien fondé d'un tel postulat dans le cas de l'automobiliste...

mouvements des commandes ainsi qu'aux mouvements (à petite échelle) des autres usagers, au niveau opérationnel.

1.1.5.- Cas français : un singulier manque de formalisation théorique

Nous venons de voir, à travers la présentation succincte de quelques exemples, que la recherche sur le comportement du conducteur dans les pays anglo-saxons et germaniques a abouti à la formalisation d'un certain nombre de modèles. La France occupe, dans ce domaine, une place à part : si, depuis la création en 1961 de l'ONSER⁴⁰, le nombre de travaux réalisés dans ce domaine est important⁴¹, il s'agit, pour la plupart, d'études empiriques répondant à des demandes ponctuelles et précises, et n'ayant donc pas donné lieu - sauf exception - à des formalisations théoriques.

Beaucoup d'études opérationnelles...

Parmi ces travaux, signalons les recherches entreprises dans le cadre de l'appel d'offres "Lisibilité de la route"⁴², dont l'origine remonte à 1982, date à laquelle est constitué un groupe pluridisciplinaire⁴³ intitulé "Groupe de travail *Lisibilité de la route*" chargé de réfléchir sur l'insécurité routière liée à la mauvaise information fournie au conducteur ou à la mauvaise perception de cette information par ce dernier (le terme d'*information* étant à prendre au sens large : celle-ci peut provenir de la configuration de l'infrastructure, de la signalisation, des autres usagers, etc.).

40 Organisme National de Sécurité Routière.

41 en grande partie au Laboratoire de Psychologie de la Conduite (LPC) de l'ONSER ou au sein de l'INRETS (Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité).

42 La notion de lisibilité a été largement développée par Kevin Lynch dans : LYNCH, K. -*L'image de la cité*, Bordas, Paris, 1976 (Traduit de LYNCH, K. -*The Image of The City*, M.I.T. Press, England, 1960).

43 Ce groupe, constitué par l'ingénieur Léger du SERES (Société d'Études et de Recherches en Sciences Sociales), rassemble des personnalités venant d'horizons aussi divers que le CNRS, le CNAM (Conservatoire National des Arts et Métiers), le CETUR (Centre d'Études des Transports Urbains), le CETE de Rouen, la DSCR (Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières), le LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées), l'ONSER (Organisme National de Sécurité Routière), le SETRA (Services d'Études Techniques des Routes et Autoroutes), et d'autres...

Au cours de ses réunions successives, le groupe de travail, après avoir défini un certain nombre de problématiques relatives à l'effet des aspects visuels et perceptifs des situations de circulation routière sur les comportements des automobilistes, propose des thèmes de recherche coordonnés sur ces questions, ce qui permet à la DSCR de lancer, le 7 novembre 1983, le fameux *Appel d'offres de recherche sur la lisibilité de la route*, diffusé à un grand nombre de laboratoires (laboratoires universitaires, laboratoires du CNRS, laboratoires de recherche industrielle...).

Or, si certains résultats des études suscitées par cet appel d'offres furent présentées au cours d'un séminaire organisé par le SETRA en 1987⁴⁴, il ne donnèrent lieu - à ce jour - à aucune tentative de synthèse pouvant déboucher sur l'établissement d'un véritable modèle. Du moins, ces travaux auront-ils permis de préciser et de reformuler un ensemble cohérent de concepts sur la lisibilité de la route⁴⁵.

Parmi ces formulations, celle de Geneviève Dubois-Taine (adoptée et publiée par le SETRA en tant que proposition d'une méthodologie pour l'étude de la traversée des petites agglomérations⁴⁶) met principalement l'accent sur les cinq points suivants : la décomposition d'une scène visuelle en quatre éléments (route, signalisation, paysage, autres usagers) ; le mode de perception et l'interprétation de ces éléments de la scène visuelle (rôle important des connaissances préalables dans la lecture de la scène visuelle, lecture consistant en une recherche active des indices dont l'automobiliste a besoin pour accomplir sa tâche : ce n'est donc pas un processus passif) ; la notion de connotation (une scène visuelle est plus facile à lire quand tous les éléments ont la même signification) ; l'importance du fond de perspective et de sa forme ; l'importance, enfin, des rythmes (succession des scènes visuelles), extrêmement hachés en centre-ville (à la différence de la rase-campagne, où ils sont pour ainsi dire infinis). Notons que les concepts de lisibilité de la route tels que formalisés par

44 Un rapport a été publié à cette occasion : SETRA -*Séminaire "lisibilité de la route"*, juin 1987.

45 se démarquant par rapport aux anciens concepts formulés par Kevin Lynch en 1960.

46 DUBOIS-TAINE, G. -*P'TITAGOR : Une méthodologie pour l'étude des traverses de petites agglomérations en application de principes de lisibilité de la route*, SETRA, Bagneux, 1987.

Geneviève Dubois-Taine ont abouti à la réalisation d'aménagements spécifiques destinés à améliorer la sécurité routière dans les petites agglomérations⁴⁷.

Les travaux de Dominique Fleury constituent le second exemple que nous citerons. Le point de départ est une étude opérationnelle sur les accidents dans les petites agglomérations⁴⁸ ; cette étude a débouché, à l'occasion de la rédaction d'une note de synthèse⁴⁹, sur une proposition d'analyse de la lisibilité de la route distinguant trois niveaux : l'itinéraire (premier niveau), la section (second niveau) et le point (troisième niveau). Au premier niveau, la lisibilité se manifesterait par le choix de l'itinéraire que le conducteur est amené à faire à partir d'une carte et/ou de ses connaissances (carte mentale) ; au second niveau, la lisibilité d'une section permettrait au conducteur de reconnaître la spécificité de cette dernière dans l'itinéraire choisi ("comprendre l'espace traversé") ; mais la lisibilité d'une section ne saurait être dissociée de celle des points (troisième niveau) : en effet, c'est justement la lisibilité du point (où l'automobiliste rencontre des "difficultés") qui facilite la compréhension des fameuses spécificités de la section ; à l'inverse, la perception et l'analyse des difficultés rencontrées par l'automobiliste au niveau du point peuvent - ou non - être anticipées grâce aux caractéristiques de la section.

Si cette décomposition en "strates" ressemble à un modèle hiérarchique de la tâche de conduite, l'ambiguïté dans le découpage (notamment entre les niveaux 2 et 3) et dans la définition de la notion de *point* d'une section (cette notion est simplement associée à une idée abstraite de "difficulté rencontrée" ; concrètement, s'agit-il d'un carrefour ? d'un virage ?...) "[...] enlève à la formulation sa valeur explicative au niveau opérationnel et pratique"⁵⁰.

On notera cependant que la formulation des concepts de lisibilité de la route par Dominique Fleury est à la base de travaux (s'insérant dans le cadre global de

47 D'autres opérations d'aménagement de ce type ont également été réalisées dans le cadre du programme "*Ville plus sûre, quartiers sans accidents*" (programme national mis en œuvre en 1984 par le Ministère de l'Urbanisme, du Logement et du Transport).

48 FLEURY, D. ; FONTAINE, H. ; MALATERRE, G. -*Recherche de la sécurité en petites agglomérations*, ONSER, cahier d'étude n°63, 1985.

49 FLEURY, D. -*Ce que l'on pourrait dire sur la lisibilité de la route à partir des études diagnostic*, op. cit.

50 BADR, Y. p.193

la recherche dans le domaine des représentations mentales et de l'organisation catégorielle) sur la catégorisation de l'environnement routier par les usagers⁵¹.

Parmi ces travaux, l'étude intitulée *Modulation de la vitesse en ville et catégories de voies urbaines* présente pour nous un intérêt tout particulier dans la mesure où elle aborde indirectement la question de l'influence de l'environnement routier sur la vitesse pratiquée⁵² : partant d'expérimentations consistant à faire classer des photographies de sites urbains (caractérisés chacun par un niveau de vitesse réglementaire : 30 km/h, 50 km/h ou 70 km/h) à un échantillon de conducteurs expérimentés (au moins cinq ans d'expérience de conduite) et à interroger des ingénieurs sur les limitations de vitesse sur ces sites, cette recherche étudie la manière dont ces trois catégories de voies urbaines (repérées par ces trois niveaux de vitesse, donc) se déclinent en sous-catégories opératoires pour l'activité de conduite ; parallèlement sont mis en évidence les indices (éléments de la scène visuelle) pertinents distinguant les différentes sous-catégories les unes des autres. Les résultats de ce travail doivent cependant être interprétés avec précaution dans la mesure où ils sont fondés non pas sur des observations effectuées sur des sujets *en situation de conduite*, mais sur des réponses fournies par ces derniers en réaction à des *photographies* (la différence est de taille, c'est un point que nous abordons plus loin).

...pour quelques rares travaux de formalisation théorique globale

Parmi les rares travaux de formalisation théorique dans la recherche française sur le comportement nous pouvons citer - outre les quelques synthèses de modèles de comportements "étrangers"⁵³ - une conceptualisation du

51 FLEURY, D. ; LEROUX, D. ; MOEBS, H. -*Catégorisation de l'infrastructure par l'usager et sécurité*, Rapport INRETS n° 69, INRETS, Arcueil, 1988.

FLEURY, D. ; DUBOIS, D. -"Représentations mentales de scènes urbaines", in *Les annales de la recherche urbaine*, n°40, novembre 1988, pp. 97-104.

MAZET, C. ; DUBOIS, D. ; FLEURY, D. -"Catégorisation et interprétation de scènes visuelles", in *Psychologie Française*, n°32, juin 1987, pp.85-95.

52 FLEURY, D. ; FLINÉ, C. ; PEYTAVIN, J.F. -*Modulation de la vitesse en ville et catégories de voies urbaines - Expérimentations sur les représentations de sites routiers*, Rapport INRETS n° 144, INRETS, Arcueil, 1991.

53 Les publications suivantes constituent de bons exemples de telles synthèses :

MALATERRE, G. ; SAAD, F. -*La régulation de la vitesse : Aide au contrôle de la vitesse*, ONSER-LPC, juin 1982.

MALATERRE, G. ; SAAD, F. -*Contribution à l'analyse du contrôle de la vitesse par le conducteur : évaluation de deux limiteurs*, ONSER, Cahier d'étude n° 62, octobre 1984.

comportement proposée par le psycho-sociologue Raymond Fichet qui, à la fin des années soixante-dix, s'intéressa au cas particulier de l'automobiliste dans le cadre de ses recherches (au LCPC) sur la mobilité⁵⁴.

On peut citer également les travaux de synthèse d'Yvon Chich⁵⁵ (du Laboratoire de Psychologie de la Conduite, dont il fut le directeur) qui, après avoir souligné la complexité du problème du comportement liée à la "double variabilité" du système de circulation routière (variabilité inter-individuelle et variabilité intra-individuelle), propose une analyse de la tâche de conduite tenant à la fois du modèle de Gibson et Crooks et de celui d'Allen, Lunenfeld et Alexander : ce sont les éléments du système de circulation qui, perçus par le conducteur comme un ensemble de contraintes, fournissent la clé de l'analyse du comportement de ce dernier. Les éléments en question sont principalement les caractéristiques dynamiques du véhicule, la route (son tracé, son état, son environnement plus ou moins immédiat), le trafic (sa densité, sa "complexité", sa variabilité) et la réglementation. Toutefois, l'accomplissement de la tâche de conduite s'effectue à des niveaux différents des fonctions sensorielles et psychologiques du conducteur, de sorte qu'il est nécessaire de hiérarchiser cette tâche ; la classification proposée par Chich correspond très exactement à celle du modèle d'Allen *et alii* : on distingue ainsi un niveau *stratégique* (planification du parcours, tâche de *navigation* avec confrontation de registres d'information différents tels que les cartes routières ou la signalisation) ; un niveau *tactique* (enchaînement de manœuvres, telles que le dépassement d'un autre véhicule, la négociation d'un virage, etc. : il s'agit donc d'une tâche de *pilotage*, avec saisie d'indices relatifs à l'environnement routier) ; un niveau *opérationnel* (maintien et ajustement de la trajectoire du véhicule par le biais des tâches de *contrôle*, mettant en jeu des **automatismes** sensori-moteurs).

SAAD, F. -*Perception et contrôle de la vitesse en conduite automobile*, ONSER, Cahier d'étude n° 59, octobre 1983.

SAAD, F. -"Prise de risque ou non perception du danger" in *RTS*, n° 18-19, septembre 1988, pp. 55-62.

54 Il est intéressant de noter que dans ses travaux, R. Fichet rejette le terme de comportement - terme trop réducteur - pour le remplacer par ce qu'il appelle le "mode de relation à l'espace-temps urbain" (FICHELET, M. et R. -"Les comportements automobiles et la régulation de la circulation", in *L'automobile et la mobilité des Français*, La documentation française, Paris, 1980, pp. 183-197).

55 CHICH, Y. -*Le comportement du conducteur face à la route*, Journées d'étude de la S.I.A., "La route, Le pneumatique, Le véhicule", Paris, 4-5 novembre 1986.

Si les trois niveaux interagissent les uns avec les autres, ils n'en sont pas moins, selon Chich, suffisamment autonomes pour que le découpage proposé soit pertinent, et surtout, pour qu'il soit possible d'isoler des classes de problèmes bien distincts, justifiant l'emploi de **méthodes spécifiques à chaque niveau**.

Le dernier point que nous signalerons dans les travaux de conceptualisation de Chich est le rôle central attribué à la vitesse : "*[...] la régulation de la vitesse est au cœur de la tâche du conducteur, et s'analyse comme itération de boucle de rétroaction*"⁵⁶.

1.2.- Des problèmes d'ordre théorique manifestes...

L'analyse des modèles de comportement existants fait ressortir principalement quatre "points faibles" :

1.2.1.- Confusion dans la définition des objectifs

La première grande faiblesse - dispersion au niveau de la formulation des modèles présentés - est en fait liée à un autre problème, celui du niveau et du contexte de fonctionnement de ces derniers : certains se situent à un niveau essentiellement perceptif, d'autres s'insèrent dans un contexte "behavioriste", d'autres encore sont de nature cognitive.

La question se pose alors : ces modèles tentent-ils d'expliquer le *même* phénomène ? Il est clair qu'un travail important de précision des champs et des objectifs de ces modèles reste à faire, travail nécessaire à l'établissement d'un lien entre un comportement collectif (niveau macroscopique) et des comportements individuels (niveau microscopique). Ce point est important, car

56 CHICH, Y. -*La maîtrise de la vitesse, une priorité pour la sécurité routière*, ONSER, octobre 1981, p.8.

"l'analyse microscopique des comportements ne sera crédible qu'à partir du moment où elle permettra de faire des conclusions vérifiables au niveau collectif"⁵⁷.

1.2.2.- Des modèles invérifiables

Le problème du manque de vérifications empiriques des modèles de comportement du conducteur est frappant : pour la plupart d'entre eux (qu'il s'agisse du concept de champ de sécurité, du concept de seuil du risque, ou de la décomposition des tâches en niveaux hiérarchiques), cette vérification est inexistante. Le chantier est donc ouvert : il faut proposer une série de conséquences (supposées observables) de tels concepts, et tenter de les vérifier par l'expérience, sur site ou par simulation.

1.2.3.- Un retard français surprenant

Nous l'avons vu, il n'existe pas de modèle théorique français, la recherche dans notre pays en matière de comportement du conducteur étant caractérisée par une très grande dispersion. Cette stagnation théorique serait-elle le reflet de la situation du secteur de la gestion et de l'organisation des transports ? A propos de la planification des transports urbains, Pierre Merlin écrivait en 1984 : *"La dernière décennie, en fait annoncée dès la fin des années 1960, a été fort peu productive quant à la méthodologie des transports urbains. En France surtout, les critiques [...] ont dominé la scène sans être capables [...] d'esquisser une alternative cohérente à la méthode classique tant vilipendée... et toujours appliquée"*⁵⁸.

1.2.4.- Un cadre théorique inexistant

Malgré un nombre important de tentatives (à l'échelle internationale) de conceptualisation, **il n'y a pas de véritable théorie de référence** en matière de comportement du conducteur. La grande variété de modèles existants ne fait

⁵⁷ BADR, Y. p.115 ; c'est nous qui soulignons.

⁵⁸ MERLIN, P. -*La planification des transports urbains, enjeux et méthodes*, Masson, Paris, 1984, p. 217.

qu'entraîner une multiplicité de points de vue, souvent contradictoires, et impossibles à vérifier. De ce fait, un modèle de comportement remplissant les deux conditions d'une "bonne théorie" - la *description* claire d'un phénomène et la *vérification* quantitative des hypothèses découlant de cette description - reste à faire.

1.3.- Quelques constantes : prémisses d'un cadre théorique global ?

Malgré le climat de dispersion et de confusion décrit précédemment, il est possible de mettre en évidence un certain nombre d'éléments de consensus (nous en citerons trois) qui, malgré leur caractère très général, peuvent servir de point de départ à un travail de conceptualisation susceptible de déboucher sur la proposition d'une théorie de référence dans le domaine de la modélisation du comportement du conducteur.

1.3.1.- Les "constantes"

Structure hiérarchique de la tâche de conduite

La première constante est relative à la distinction (adoptée par de nombreux modèles) de "niveaux" - toujours au nombre de trois - regroupant chacun un corpus homogène de sous-tâches : le niveau le plus élevé, *stratégique*, correspond aux sous-tâches de navigation (ou "planning" ou "macro-performance" selon la terminologie des différents modèles) ; le niveau intermédiaire, *tactique*, est celui de la "guidance" (ou "manœuvring" ou "performance situationnelle") ; le niveau le plus bas ou *niveau de base*, "opérationnel", regroupe les sous-tâches de contrôle ("control", "micro-performance").

Malgré l'emploi de termes différents, la nature des sous-tâches à chaque niveau est remarquablement invariante d'un modèle à l'autre, et ce malgré un manque de "concertation" évident (dans aucune des formulations des modèles hiérarchiques il n'est fait explicitement référence aux autres). Par ailleurs, dans aucun de ces modèles, le fonctionnement de la tâche de conduite au niveau de base - niveau de la mise en œuvre des actions décidées aux niveaux

hiérarchiquement plus élevés - ne semble requérir, de la part du conducteur, un processus conscient : seuls des **automatismes** du type "sensori-moteurs" y seraient mis en jeu.

Le rôle primordial de l'information visuelle

Le second élément de consensus est la référence - explicite ou non - de la plupart des modèles à un "*cadre général issu de la psychologie, selon lequel la tâche de conduite est considérée principalement comme un processus de sélection et de traitement de l'information qui s'effectue dans l'ordre suivant : Perception - Décision - Action*"⁵⁹

L'impact de l'*information* - et notamment de l'information *visuelle* - est donc essentiel dans le processus de la réalisation de la tâche de conduite. A ce titre, l'environnement routier, considéré comme un **émetteur d'information**, joue un rôle primordial. Rappelons que le traitement de cette information perçue par l'automobiliste s'effectue, au niveau opérationnel, de manière "automatique", les aspects cognitifs de la tâche de conduite n'intervenant qu'aux niveaux supérieurs.

La vitesse comme mesure du comportement

La dernière "constante" (mais pas la moindre) qui mérite d'être soulignée est le rôle important de la notion de **vitesse** dans tous ces modèles du comportement, notion considérée comme l'élément essentiel caractérisant la conduite automobile, au point qu'il n'est pas excessif de dire que "*la vitesse se trouve au cœur de la majorité des formulations théoriques du comportement du conducteur. Elle est admise comme un critère agrégé et observable du comportement*"⁶⁰.

1.3.2.- Le "cadre théorique intégral du comportement" de Badr

Partant de son état des lieux critique, Yarob Badr, n'ayant pas trouvé de théorie intégrale lui permettant "d'asseoir" sa recherche, réalise un travail de synthèse s'appuyant notamment sur les quelques éléments de consensus

59 BADR, Y. p.125.

60 BADR, Y. p.135 ; c'est nous qui soulignons.

présentés ci-avant et débouchant sur la proposition d'un cadre théorique pour son "travail de terrain".

Ce cadre théorique, schématisé graphiquement à la **figure 1**, résulte du rapprochement (ou plutôt d'une tentative d'intégration) des quatre modèles dont nous avons donné un aperçu plus haut ; il est construit en quatre étapes :

Correspondance entre niveau d'une tâche et niveau de fonctionnement

Dans un premier temps sont mis en parallèle le modèle de structuration hiérarchique de la tâche de conduite d'Allen *et alii* et le modèle hiérarchique du fonctionnement de l'opérateur de Rasmussen ; pour cela, on postule que "l'accomplissement d'une tâche appartenant à un niveau de conscience se réalise en faisant appel au mode de fonctionnement associé au niveau analogue de complexité et d'attention sollicitée "⁶¹ ; il s'agit en fait d'établir une correspondance entre niveaux de tâches et modes de fonctionnement :

les activités de *navigation* s'appuieraient ainsi sur des *connaissances* (par exemple, durant son trajet, le conducteur accomplit une tâche de navigation en recherchant des informations confirmant son itinéraire, notamment des panneaux directionnels) ;

les tâches de *guidance* seraient fondées sur des *règles*, par exemple du type "si-alors" (**si** j'approche d'un carrefour où j'aperçois des véhicules en mouvement dans le sens perpendiculaire, **alors** j'attends) ;

les tâches de *contrôle* (contrôle de vitesse et de trajectoire) seraient effectuées de manière non consciente au moyen de l'*habileté* : à ce niveau, pour reprendre l'expression de Rasmussen, *the man looks rather than sees...*

Intégration de la notion de risque

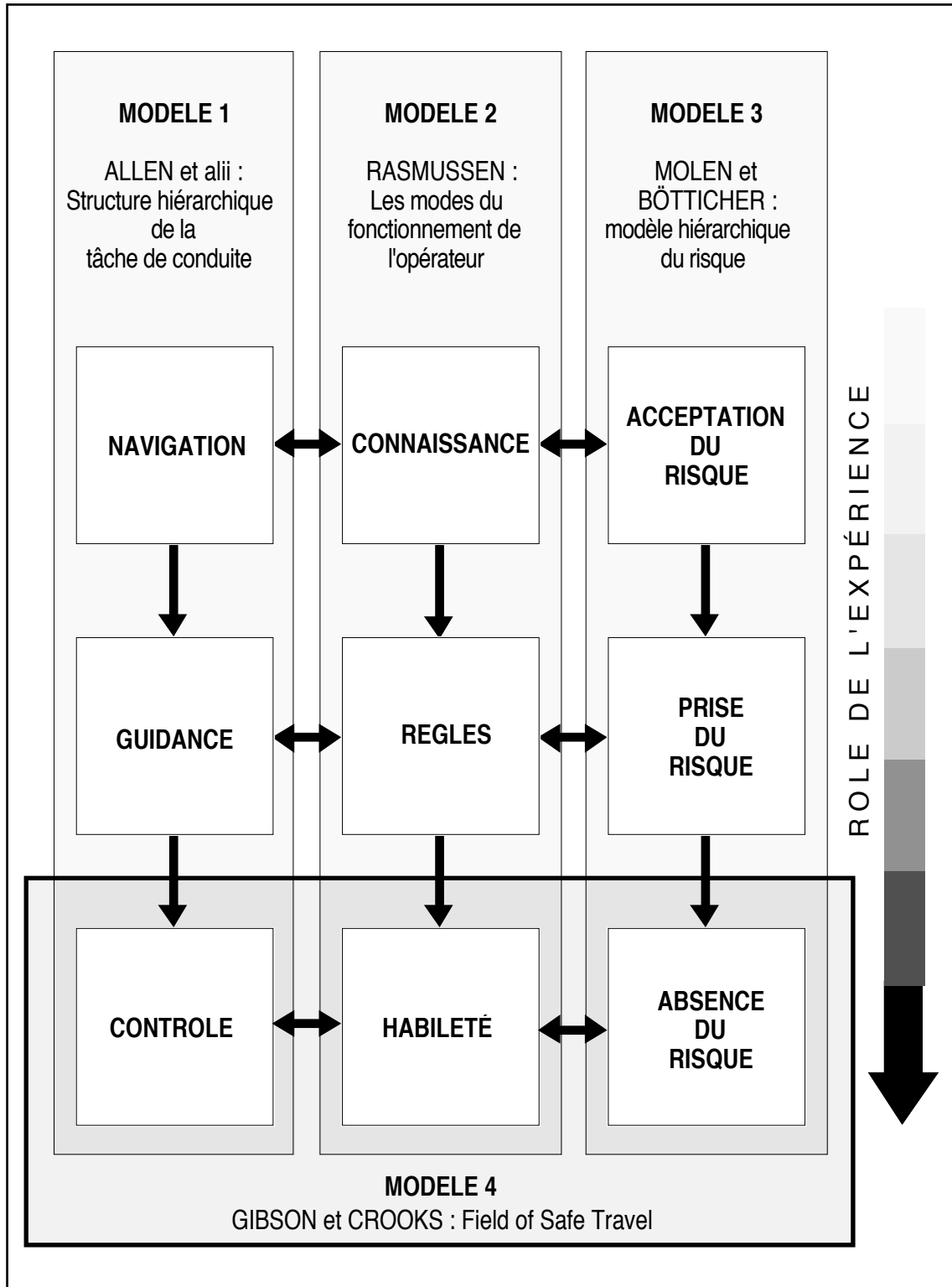
Cette première "correspondance" étant établie, une opération analogue peut être effectuée avec le modèle hiérarchique du risque de van der Mollen et Bötticher, qui semble réellement "fait sur mesure" pour venir se greffer à la double hiérarchie qui vient d'être réalisée : *acceptation du risque* au niveau de la *navigation* compte tenu des conditions particulières (par exemple : route mal

61 BADR, Y. p.160.

FIGURE 1

Le cadre théorique intégral du comportement du conducteur

(d'après : BADR, Y. *Influence de l'environnement routier sur le comportement des conducteurs*,
Thèse de doctorat Nouveau régime, spécialité Transport, E.N.P.C., Paris, 1991, p.168)



connue, mauvaises conditions météorologiques, etc.), *prise de risque* au niveau des *manœuvres*, et *absence de conscience du risque* au niveau où l'exécution de la tâche se fait avec le seul mode d'*habileté*.

Rôle de l'expérience et de l'apprentissage

Le modèle ainsi enrichi par l'intégration du concept du risque est ensuite complété par la prise en compte de l'*apprentissage* et de l'*expérience*⁶², l'un et l'autre ayant pour effet de "décaler les tâches vers le bas" dans la triple hiérarchie (qui n'en fait maintenant qu'une) évoquée ci-avant : non seulement, chez le conducteur expérimenté, les activités de contrôle deviennent dominantes, mais de plus, les tâches de guidance et de navigation lui prendront, avec l'expérience, de moins en moins de temps et solliciteront de moins en moins sa conscience, cette dernière n'étant mise à contribution que lors de la rencontre d'un "cas inhabituel" ; pour ce qui est de l'apprentissage, le conducteur - même expérimenté - devra, dans le cas d'un trajet nouveau pour lui, rechercher activement et délibérément les informations relatives à son orientation ; mais avec le temps (processus d'apprentissage), la réalisation d'un même trajet sollicitera de moins en moins sa conscience, le rôle des activités de contrôle prenant peu à peu le dessus. Il semble donc que sur un trajet auquel le conducteur (expérimenté) est habitué, seules les **activités de guidance** (manœuvres particulières et imprévisibles au niveau stratégique, par exemple l'évitement d'un véhicule ou d'un piéton, le dépassement, la réponse à un signal lumineux...) requièrent des niveaux "élevés" de la conscience de ce dernier. On peut d'ailleurs penser que, l'expérience aidant, même la réalisation de ces manœuvres particulières (devenant de plus en plus "habituelles") tend à se rapprocher des activités de contrôle.

62 La mise en évidence du rôle de l'apprentissage et de l'expérience dans la réalisation de la tâche de conduite automobile a fait l'objet d'un certain nombre d'études empiriques, parmi lesquelles on peut citer le travail de Michel Neboit (NEBOIT, M. -*L'exploration visuelle du conducteur : rôle de l'apprentissage et de l'expérience*, ONSER, Cahier d'étude n° 56, juin 1982) : confirmant de nombreux résultats antérieurs dans d'autres domaines, cette étude montre notamment une différence considérable au niveau de la stratégie d'exploration visuelle entre le conducteur débutant et le conducteur expérimenté, l'activité exploratoire étant proportionnellement bien moins importante chez ce dernier.

Le rôle important de l'expérience est également l'une des conclusions d'un travail de recherche d'Olivier Laya (de l'INRETS) portant sur l'étude d'une situation particulière, la prise d'un virage (LAYA, O. -*Analyse de l'activité du conducteur en virage*, rapport de recherche INRETS - L.P.C., Arcueil, 1990).

Choix du modèle de Gibson et Crooks comme cadre conceptuel pertinent

Ainsi, dans la plupart des situations courantes, le seul mode de fonctionnement mis en jeu dans la tâche de conduite serait celui de l'**habileté**. C'est à ce niveau qu'intervient - ultime brique dans l'édifice du "cadre théorique intégral" - le modèle de Gibson et Crooks, dont la formulation, fondée sur le concept du FST (Field of Safe Travel, ou "champ de sécurité", ou encore "champ de conduite sûre"), est particulièrement convaincante par sa clarté et sa simplicité : l'habileté du conducteur serait un mécanisme "automatique" (ne nécessitant qu'un niveau de conscience bas, et n'impliquant donc pas l'adoption de règles explicites), consistant à contrôler la vitesse et la trajectoire du véhicule, avec pour seul critère "*l'arrivée à destination sain et sauf, sans subir de dégâts*"⁶³, donc en évitant les obstacles et en gardant constant le ratio entre la longueur du FST et la distance minimale d'arrêt (fonction de la vitesse).

1.3.3.- Conséquences du modèle de Badr sur le plan opératoire

Parmi les implications du cadre théorique intégral proposé, nous en retiendrons trois.

Nécessité d'avoir recours à l'observation directe "in situ"

La première conséquence est que la classification des tâches selon une triple hiérarchie laisse à penser que le recours à des méthodes d'observation et d'analyse du comportement **différentes** selon le niveau étudié, est nécessaire. En particulier, le niveau de contrôle occupe une place "à part" dans la mesure où les tâches qui y sont liées ne sollicitent pas (tout au moins pas de façon significative) la conscience du conducteur. De ce fait, à la différence des deux autres niveaux, **aucune méthode de mesure engageant l'éveil de la conscience du conducteur**⁶⁴ **ne saurait être mise en œuvre**, la réalisation des tâches fonctionnant sur le mode de l'habileté étant hautement "automatisée". La seule

63 BADR, Y. p.164.

64 Parmi ces méthodes, on peut citer des enquêtes par entretiens directifs ou non, des enquêtes par questionnaires, des recueils de commentaires à l'issue d'une séance de présentation, aux sujets enquêtés, de photographies, de diapositives ou de films évoquant des scènes de conduite en "caméra subjective".

méthode utilisable serait donc fondée sur l'**observation directe des activités**, en site réel ou en simulateur.

Nécessité d'éliminer les sources d'interférences

Le conducteur régule sa vitesse - indicateur agrégé par excellence de son comportement - conformément au modèle de Gibson et Crooks, donc en réaction aux modifications de la forme du FST, défini par l'environnement routier devant le conducteur. Cependant, si la régulation de la vitesse est une activité automatique (devant - on l'a vu - être mesurée *in situ*) dans la plupart des cas courants, certaines situations inhabituelles peuvent entraîner des "interférences", causées par la nécessité de recourir à des tâches appartenant aux niveaux supérieurs. Il est donc une précaution méthodologique qui mérite d'être soulignée : *"L'analyse de la vitesse comme indicateur de l'interaction entre les conducteurs et l'environnement [...] devrait s'effectuer en prenant des précautions pour supprimer les sources de ces interférences. Comme exemples de telles sources, nous pourrions citer la différence des motifs des déplacements, la différence de niveau de familiarité avec les routes (présence d'activités de navigation), la différence des contraintes temporelles consacrées à la réalisation du déplacement, etc. Il convient d'ajouter, bien évidemment, la source d'interférence liée à la différence des véhicules utilisés"*⁶⁵.

Nécessité de travailler sur un échantillon homogène de conducteurs

Le dernier point important concerne la distinction entre le "fonctionnement" du conducteur débutant et celui du conducteur expérimenté. Sans revenir sur le rôle primordial évoqué plus haut de l'apprentissage et de l'expérience, il faut insister sur la **nécessité de séparer les deux catégories d'automobilistes** dans les études ayant pour objet la mise en évidence de facteurs influant sur la vitesse pratiquée. Cette dualité pose évidemment la question d'un critère objectif permettant d'opérer la distinction, problème délicat dans la mesure où l'acquisition de l'expérience est un processus continu, ne permettant pas de mettre en évidence des "ruptures". Empiriquement, on admet en général qu'un conducteur est "débutant" au cours de sa première année de conduite et pour un

65 BADR, Y. p.172 ; c'est nous qui soulignons.

kilométrage inférieur à 5000 km ; il est considéré comme "expérimenté" après cinq ans de conduite et pour un kilométrage supérieur à 50 000 km ; entre ces deux extrêmes, la situation du conducteur n'est pas claire...

1.4.- Les apports pratiques

Yarob Badr a finalement utilisé son "cadre conceptuel intégral" pour élaborer un modèle de vitesse pratiquée en petite agglomération.

1.4.1.- Méthodologie

Du fait de la relative simplicité du cas particulier traité (on ne s'intéresse qu'à l'axe routier principal traversant la petite agglomération), les principaux éléments de ce modèle (éléments constitutifs de "l'environnement" supposé influencer sur la vitesse pratiquée par le conducteur) sont en nombre réduit : il s'agit essentiellement de la longueur de l'agglomération et de différents "types" de largeurs de l'infrastructure étudiée : largeur de la chaussée proprement dite, largeur totale de l'emprise publique (distance "de façade à façade"), largeur optique (différente de la précédente si des plantations d'arbres ou des clôtures bordent la route). Afin de pouvoir écarter l'influence d'éventuels autres facteurs que ceux retenus, le choix de l'objet d'étude a fait l'objet d'un soin particulier : il s'agit de 18 petites agglomérations (200 à 4000 habitants) traversées par une route nationale ou départementale au tracé rectiligne : ainsi, les observations ne sont perturbées ni par des effets dûs à la géométrie de la route, ni par ceux liés au "fond de perspective". L'expérience proprement dite s'est déroulée de la façon suivante : un échantillon supposé homogène (conducteurs expérimentés uniquement) de vingt personnes a été constitué, et un itinéraire traversant les dix-huit petites agglomérations sélectionnées a été choisi. Les vingt conducteurs ont alors effectué le trajet au volant d'un véhicule spécialement équipé par l'INRETS, permettant de recueillir, tout au long du voyage, des données telles que le temps, la distance exacte parcourue (à partir d'une origine commune), et la vitesse instantanée à tout moment. Par ailleurs, une caméra vidéo embarquée était mise en marche pendant toute la durée de l'expérience. Les données

enregistrées ont permis de reconstituer l'itinéraire (ou plutôt : les vingt "itinéraires-conducteurs") sous forme de **profils de vitesse** : chaque itinéraire-conducteur est représenté par une courbe donnant la vitesse instantanée en fonction de la position du véhicule, c'est-à-dire de la distance parcourue par ce dernier depuis l'origine. L'analyse de Yarob Badr a porté sur ces profils de vitesse, notamment sur les parties de courbe correspondant aux traversées des agglomérations.

1.4.2.- Résultats

Les principaux résultats de cette analyse peuvent être résumés comme suit :

Existence d'un profil-type de vitesse

L'hypothèse de l'existence d'un **profil-type** de la vitesse correspondant à la traversée d'une petite agglomération en suivant un axe routier important rectiligne a été validée par l'expérience. Ce profil type peut être décrit comme une juxtaposition ordonnée de cinq portions de courbe, correspondant à cinq étapes successives : stabilisation, décélération, stabilisation, accélération, stabilisation. Les paliers de stabilisation (conduite à vitesse approximativement constante entre deux points) sont assimilables à des segments de droite parallèles à l'axe des abscisses (axe des distances) ; les segments de courbes correspondant aux étapes d'accélération et de décélération ont une forme très proche de portions de paraboles.

L'agglomération comme facteur homogénéisant

L'agglomération joue un rôle d'**homogénéisation des comportements** en réduisant les écarts entre les vitesses pratiquées par les différents conducteurs : les vitesses en amont d'une agglomération sont fonction des différences inter-automobilistes, ce qui donne une fourchette de valeurs relativement étendue ; mais cette variance des vitesses disparaît dès l'entrée en agglomération (facilement repérable sur les profils de vitesse) ; à ce moment, c'est l'influence des caractéristiques de cette dernière qui prend le pas sur les différences de caractéristiques inter-individuelles, et persiste même en aval de la ville. Si les

vitesse moyennes varient significativement d'une agglomération à l'autre, elles ne dépendent pas de la vitesse en amont.

Facteurs influant sur la vitesse pratiquée en petite agglomération

Les éléments de l'environnement (parmi ceux retenus dans le modèle, évidemment) influant sur le profil des vitesses sont, par ordre d'importance (classement par valeurs des coefficients de corrélation avec le niveau de vitesse moyenne) :

- la longueur de l'agglomération ;
- la largeur de la chaussée à l'intérieur de l'agglomération ;
- la largeur de l'emprise du domaine public (façade à façade) ;
- la largeur optique ;
- la largeur de la chaussée en aval de l'agglomération.

Des modifications d'éléments de l'environnement, par exemple la réduction de la largeur de la chaussée dans l'agglomération, pourraient ainsi avoir un effet modérateur des vitesses : une largeur d'environ 6,5 m aurait pour effet de stabiliser le niveau de vitesse à 60 km/h. L'espace gagné sur la chaussée pourrait être utilisé pour élargir les trottoirs ou aménager des places de stationnement. De même, une réduction de la largeur optique (alignements d'arbres sur les trottoirs, plantation des jardins le long de la route) - largeur optique qui ne devrait pas dépasser 18 mètres - permettrait une meilleure anticipation de l'agglomération par le conducteur, et donc une décélération plus lente grâce à un décalage du début de cette dernière plus en amont.

CHAPITRE 2 - VOIRIE URBAINE ET POINT-DE-RESEAU

Introduction

A l'issue du chapitre 1, il apparaît que des éléments de la scène visuelle seraient à même de modifier de façon significative le comportement d'un automobiliste, comportement exprimé en termes de vitesse pratiquée. Dans la mesure où cette scène visuelle est constituée essentiellement par l'infrastructure viaire et par son environnement immédiat, la question centrale du travail entrepris (lien entre la morphologie d'un élément de voie urbaine et la vitesse du trafic automobile qu'il supporte) semble pertinente. Or l'infrastructure viaire, et en particulier la voirie urbaine, constitue un réseau : il peut donc être intéressant de resituer l'objet de la recherche entreprise dans le cadre conceptuel de la *théorie des réseaux*.

L'intérêt de recourir à cette dernière est double : d'abord, elle permet de préciser les termes de la question posée (de quoi parle-t-on au juste ?) ; ensuite, elle est susceptible de fournir quelques éléments théoriques utiles à la construction de notre modèle d'analyse (qui fera l'objet du chapitre 3) : plus précisément, elle constitue un outil conceptuel pour une délimitation pertinente d'un terrain d'étude approprié à la question posée.

2.1.- Eléments de la théorie des réseaux

2.1.1.- la genèse du concept de réseau

A l'origine, et durant près de vingt siècles, le terme de *réseau* désignait uniquement un agencement régulier de fils ou de ficelles entrelacées⁶⁶. Ce n'est qu'au XVIII^e siècle qu'il échappe à son acception exclusivement textile pour entrer dans le monde de la médecine comme concept d'analyse du

66 "Réseau provient étymologiquement du mot latin *retis* (filet) [...]. A travers une longue filiation composée de rets, de résel (XII^e s.), de réseuil (XV^e s.) et de réseul (XVI^e s.), on parvient à réseau (XVII^e siècle, dictionnaire de Furetière)." DUPUY, G. - "Réseaux (Philosophie de l'organisation)", in *Encyclopædia Universalis*, Production Rhamnales, Paris, 1989, pp. 875-882.

fonctionnement du corps humain, joignant à la dimension purement *topologique* (agencement géométrique) une dimension *circulatoire* : le corps humain est non seulement un filet reliant ses différents éléments en un tout, mais il est également irrigué par des flux. Ainsi, *"le réseau est à la fois ensemble de liens et machine circulatoire au service de la vie du corps humain"*⁶⁷.

Ce n'est que bien plus tard que le terme s'imposera dans le domaine que l'on appellerait aujourd'hui l'aménagement du territoire : certes, de nombreux équipements tels que assainissement des villes, routes et ouvrages de défense sont construits tout au long du XVIII^e siècle, mais toutes ces réalisations ne sont manifestement pas pensées comme des réseaux : une route est considérée non pas comme élément d'une organisation favorisant la circulation des personnes et des biens, mais comme un enjeu de rivalités entre villes (chacune veut avoir "sa" route)⁶⁸.

Il faudra attendre Saint-Simon et ses disciples (première moitié du XIX^e siècle) pour que la métaphore réticulaire, reposant sur le double principe de la multiplicité des relations et de la circulation, commence son irruption massive, et devienne - par delà un concept opératoire - le vecteur d'une véritable philosophie, dont la *"vision organiciste [...] voit en réseau les routes, les activités bancaires et financières, les chemins de fer, etc. Ainsi d'une acception purement topologique [...] le réseau s'approprie une dimension circulatoire mais devient aussi un vecteur de communication"*⁶⁹.

A ces deux dimensions vient s'ajouter, dans la seconde moitié du XX^e siècle, une troisième - celle de l'information : *"La 'révolution informationnelle', dans ses diverses expressions (informatique, télécommunications, automatique, robotique, intelligence artificielle...) va bouleverser encore une fois les acceptions communes du terme de réseau. Des réseaux d'automates aux réseaux neuronaux l'information envahit le concept du réseau, de sorte que des notions appartenant initialement à ces disciplines font leur apparition dans le vocabulaire commun, mais aussi dans les idéologies des planificateurs des réseaux qui existent depuis longtemps. La RATP et la SNCF*

67 DUPUY, G. - "Réseaux (Philosophie de l'organisation)", art. cit.

68 Ce n'est qu'en 1840 que le concept de réseau sera appliqué au domaine routier.

69 STATHOPOULOS, N. - *Pour une conception territoriale des réseaux : modèles conceptuels, aspects stratégiques et outils d'aide à la décision*, Thèse de Doctorat, Université de Paris IX - Dauphine, 1990, p.3.

*"interconnectent" leurs réseaux, mais derrière la banalité actuelle du terme d'interconnexion se profile la dimension auto-organisatrice du réseau et l'influence généralisée pour l'ensemble des réseaux du paradigme de l'information"*⁷⁰.

Avec ses trois dimensions - topologique, circulatoire, adaptative - , appliqué avec succès dans des domaines aussi variés que la biologie, les sciences de l'ingénieur, la cristallographie, la médecine, et même, depuis peu, la sociologie⁷¹, auxiliaire précieux en analyse systémique, le concept de réseau est donc d'une (trop ?) grande richesse.

Malgré cette polysémie, le réseau n'en présente pas moins, derrière ses multiples facettes, une unité conceptuelle qui fait de lui un objet (et outil) scientifique à part entière⁷². Cela étant, il est clair que dans toute cette richesse nous devons choisir un aspect, une entrée - celle la plus adaptée à nos préoccupations : le réseau comme principe organisateur du territoire dans lequel il s'inscrit.

2.1.2.- Théorie des réseaux territoriaux

*"Lorsqu'ils s'inscrivent dans l'espace géographique, les réseaux organisent le territoire"*⁷³. Par delà ce constat qui était sans doute connu de manière plus ou moins intuitive depuis (au moins) l'école saint-simonienne, on ne peut vraisemblablement parler de véritable *théorie territoriale des réseaux* que depuis

70 STATHOPOULOS, N. -*Pour une conception territoriale des réseaux : modèles conceptuels, aspects stratégiques et outils d'aide à la décision*, op. cit., p.3.

A propos de la dimension auto-organisatrice du réseau, il est intéressant de remarquer qu'elle existait très tôt déjà dans l'acception médicale du concept de réseau, mais semble avoir (provisoirement) été oubliée lors du passage aux sciences de l'ingénieur.

71 Il est à noter que pour les sciences humaines et sociales, *"le réseau signifie plutôt un mode d'organisation souple, diversifié, riche de possibilités, éminemment évolutif"* (DUPUY, G. -*"Les réseaux techniques sont-ils des réseaux territoriaux ?"* in *L'Espace Géographique*, n° 3, 1987, p.175).

72 La création au sein du CNRS du Groupement de Recherche (GDR) "Réseaux" au début des années 80 (fondé par Gabriel DUPUY, dirigé maintenant par Jean-Marc OFFNER) semble corroborer cette affirmation. On notera par ailleurs que dès 1953, dans un ouvrage dédié à Lucien Febvre, Maurice-François Rouge prône la constitution d'une nouvelle discipline autour d'un concept général de réseau, par opposition à une vision où réseaux navigables, réseaux routiers, réseaux aériens, etc. constituent autant de cas particuliers (ROUGE, M.F. - *"L'organisation de l'espace et les réseaux"* in *Eventail de l'histoire vivante, Hommage à Lucien Febvre*, Armand Colin, 1953, pp. 401-405)

73 DUPUY, G. -*"Réseaux (Philosophie de l'organisation)"*, art. cit., p. 881.

les travaux effectués⁷⁴ au sein du GDR "Réseaux", du fait du rôle unificateur appréciable que ce dernier a joué depuis sa création. C'est de cette théorie telle qu'elle a été formulée par Gabriel Dupuy que nous nous proposons de donner un très bref aperçu⁷⁵.

D'emblée, il convient de préciser que notre acception de la notion de "territoire" est fortement liée à l'espace physique : c'est là une précision rendue nécessaire par les nombreuses affiliations de cette notion (sociologie, éthologie, ethnologie...), qui peut désigner par conséquent des situations très diverses (territoire culturel, territoire animal, territoire administratif...) ⁷⁶.

Dans ce territoire, issu, à un moment donné, d'un "équilibre de forces" (collaboration ou rivalités entre acteurs - personnes physiques ou morales - *situés dans l'espace*) concrétisé par un ensemble de règles (qui peuvent être coutumières), on commence par postuler (premier axiome) l'existence d'une *diversité* et d'une *hétérogénéité* aussi bien spatiales que temporelles. L'hétérogénéité se traduit par la présence de "points particuliers", la nature de cette particularité pouvant être extrêmement variable. Hameau, usine, barrage, centrale électrique... ces points particuliers sont des sortes de "*nodosités territoriales, lieux de pouvoir et de référence, discontinuités dans le continuum spatial ou spatio-temporel*" ⁷⁷. La diversité est la seconde condition sans laquelle il ne peut y avoir de réseau : c'est parce que deux points sont différents (quel que soit la nature de cette différence) qu'il pourra y avoir propension à se relier entre eux ⁷⁸ : "*Une plantation de sapins n'est pas un réseau car elle postule au contraire l'identité des arbres et des lieux où ils sont plantés*".

⁷⁴ s'appuyant eux-mêmes sur de nombreux travaux préexistants dans différents domaines.

⁷⁵ Nous nous appuyons essentiellement sur un ouvrage (DUPUY, G. -*L'urbanisme des réseaux - théories et méthodes*, Armand Colin, Paris, 1991) et deux articles :
DUPUY, G. - "Les réseaux techniques sont-ils des réseaux territoriaux ?", art. cit., et
DUPUY, G. - "Vers une théorie territoriale des réseaux : une application au transport urbain" in *Annales de Géographie*, n° 538, 1987, pp. 658-679.

⁷⁶ Le territoire est une notion complexe : d'une part, elle est "multidimensionnelle" (définie, pour le moins, par une dimension spatiale, une dimension sociale et une dimension temporelle) ; d'autre part, c'est une notion qui peut être abordée de différentes manières suivant les disciplines (économie, sciences politiques, anthropologie, sociologie, géographie, architecture...), aucune d'entre elles ne permettant de la saisir dans sa globalité.

⁷⁷ DUPUY, G. -*L'urbanisme des réseaux - théories et méthodes*, op.cit., p. 108

⁷⁸ Pour prendre une analogie fruste issue du domaine de l'électricité, le courant ne circulera entre deux points que s'il y a différence de potentiel.

Le second axiome est qu'entre ces points, il existe des *projets transactionnels*, résultant de l'intention ou du désir des acteurs situés en ces points à se relier à d'autres points (là encore, pour des raisons très diverses : se relier à une source d'eau potable, aux membres de sa famille ou à des amis habitant "loin"...). Ces projets transactionnels sont donc la conséquence directe de la diversité dont il était question plus haut. Mais vouloir une relation est une chose ; être en mesure de la réaliser suppose un *pouvoir* dont seul un acteur collectif peut disposer ; cet acteur, ou *opérateur*, fort d'une délégation collective des pouvoirs, pourra alors regrouper toutes les demandes de mises en relation en un ensemble appelé *réseau de projets transactionnels* (RPT), qui "*en tant que projet collectif d'un ensemble d'acteurs [...] est l'expression d'une territorialité que l'opérateur devrait réaliser*". Notons que le RPT n'est toujours qu'*imaginaire* et *virtuel* : les relations et transactions voulues par les acteurs ne se référant pas forcément à ce qui est du domaine du possible (techniquement parlant), le RPT idéal serait vraisemblablement un "réseau maximal", qui mettrait chaque acteur en relation - tout au moins, relation potentielle ("pouvoir me brancher si j'en ai envie") - avec l'ensemble de tous les points : comme le fait remarquer le géographe Claude Raffestin⁷⁹, "*sans contrainte, tout acteur choisirait le réseau maximal de toutes les relations les plus directes*"⁸⁰.

A partir de ce RPT virtuel et imaginaire, et en fonction des moyens dont il dispose et des contraintes (économiques, politiques, techniques...) auxquelles il est soumis, l'opérateur est amené à réaliser un *compromis* sous forme de *réseau technique*⁸¹, qui peut être décliné en trois "composantes" : le *réseau-support* ou infrastructure (ce sont par exemple les rails d'une voie de chemin de fer), le *réseau-service* (les trains, organisés en "missions" ou en "lignes" circulant sur ces rails ; plusieurs lignes peuvent évidemment emprunter une même infrastructure) et le *réseau-informatique* (assurant la régulation - terme qui

79 RAFFESTIN, C. -*Pour une géographie du pouvoir*, Litec, Paris, 1981, cité par Gabriel Dupuy (DUPUY, G. -*L'urbanisme des réseaux - théories et méthodes*, op.cit., p. 110)

80 Encore que des éléments d'ordre culturel et historique puissent amener les acteurs à ne pas envisager l'idée même de certaines relations : frontières, barrières diverses, marquage des territoires, existence préalable d'autres réseaux... autant de facteurs pouvant réduire les possibilités envisagées par le réseau virtuel.

81 Comme le note Claude Raffestin, compte tenu de la diversité des contraintes, le processus de passage du RPT au réseau réel n'est jamais purement technique (RAFFESTIN, C. -*Pour une géographie du pouvoir*, op.cit.). Peut-être serait-il plus juste de parler de "réseau technico-économico-politique" ?

inclut "l'auto-régulation" - de l'ensemble du réseau technique par "injection" et circulation de l'information)⁸².

Cette dernière composante connaît récemment un très grand succès et tend à se développer de plus en plus, du fait notamment des progrès considérables de traitement et de transmission de masses importantes d'information. On peut interpréter ce succès par les possibilités qu'offre cette révolution informationnelle à adapter (parfois presque "en temps réel") le réseau technique à la demande (susceptible d'évoluer dans le temps), c'est-à-dire le faire concorder au mieux avec le RPT⁸³, donc à le rendre "territorial".

2.1.3.- Réseau-tuyau, réseau de points, point-de-réseau

Si tout réseau peut donc être considéré comme territorial, il reste à préciser la question du rapport du réseau technique au territoire dans lequel il s'inscrit, et plus particulièrement, à la ville.

"La prise en compte des réseaux par l'urbanisme [...] se fera selon deux modes principaux : la juxtaposition et la canalisation des flux. Selon l'importance attribuée à tel ou tel problème, on se contentera de prévoir une desserte par un réseau juxtaposé, sans préciser le type de relation de ce réseau avec l'usage du sol, avec les activités urbaines [...]. Ou bien on étudie soigneusement la façon de contenir des flux supposés nécessaires mais nuisants, dans des zones de circulation adéquates, c'est-à-dire des

82 A propos de cette déclinaison du réseau en trois couches (qui sont à rapprocher des dimensions topologique, circulatoire et adaptative dont il était question précédemment), cf. : CURIEN, N. - "Economie des services en réseau : principes et méthodes", in *Communications & Stratégies*, n°10, deuxième trimestre 1993, pp. 13-30.

83 Il est clair que le réseau technique - résultat d'un compromis - ne peut qu'être imparfait : au mieux, il ne peut que tenter d'optimiser, en tenant compte de toutes les contraintes techniques, économiques et politiques, le "profit" lié à la réalisation de l'ensemble des projets transactionnels - en économie, on parlerait de "minimisation du coût global" - dont certains peuvent être contradictoires ! Il est d'ailleurs d'autant plus imparfait qu'à la différence du RPT (qui peut théoriquement changer du tout au tout du jour au lendemain), il est matériel et donc peu adaptatif (à moins d'être très hautement connectif, c'est à dire offrant à la fois de nombreuses liaisons directes et alternatives entre de nombreux points : c'est le cas du réseau téléphonique automatique). Dans ces conditions, le réseau technique est amené à "créer son propre territoire", cette autre territorialité entrant en conflit (du moins potentiel) avec le réseau (par définition territorial) qu'est le RPT. Il est donc probable que le rôle de la composante informationnelle est appelé à s'accroître, et *"que son impact sur les réseaux techniques sera fondamental pour le territoire"* (DUPUY, G. - "Les réseaux techniques sont-ils des réseaux territoriaux ?", art. cit., p.184).

"canaux" [...] ou "tuyaux"[...]"⁸⁴. C'est cette dernière conception du "réseau tuyau", reléguant "les réseaux dans une fonction subalterne de technique circulatoire" qui s'est "imposée à l'urbanisme naissant et s'est maintenue plus tard"⁸⁵, en fait, jusqu'à nos jours. Le réseau technique, s'il est par définition inscrit dans un territoire (qu'il contribue à modifier⁸⁶), n'en possède pas moins une territorialité propre, liée au *seul* déplacement, et ce quelle que soit la nature des flux transmis (matière ou information) ; un réseau serait donc, de ce point de vue, extra-territorial : une fois happée par le réseau technique, la matière ou l'information perd tout contact avec l'espace environnant, elle est à proprement parler canalisée, obéissant aux seules lois imposées par la logique du flux dont elle fait partie⁸⁷ jusqu'à ce qu'elle émerge en un autre point de l'espace géographique dont elle était isolée durant son déplacement⁸⁸. C'est ainsi que, parlant des réseaux de transport urbains, Georges Amar peut écrire : "*c'est un certain concept de réseau qui a dominé, pendant plusieurs décades, les représentations de la plupart des acteurs, en particulier celles des décideurs et des concepteurs. Ce concept (le réseau-tuyau) nous semble fondé sur deux principes ou attributs d'extra-territorialité et pseudo-territorialité. Extra-territorial, le réseau-tuyau le serait car il aurait, idéalement, le pouvoir de ne pas être affecté par les territoires qu'il traverse. Pseudo-territorial, car il serait un territoire à part, astreint à ses propres règles qui sont celles de la fluidité de la circulation*"⁸⁹. Dans la mesure où en urbanisme, cette approche "réseau-tuyau"

84 DUPUY, G. -*L'urbanisme des réseaux - théories et méthodes*, op.cit., pp. 73-74

85 DUPUY, G. -*L'urbanisme des réseaux - théories et méthodes*, op.cit., p. 75

86 "Les réseaux territoriaux s'inscrivent physiquement dans l'espace et par leur existence et leur fonctionnement contribuent à l'édification des règles, des usages et des pratiques qui font de l'espace un territoire" (STATHOPOULOS, N. -*Pour une conception territoriale des réseaux : modèles conceptuels, aspects stratégiques et outils d'aide à la décision*, op. cit., p.5).

87 Ainsi, pour Edouard Jeanneret (Le Corbusier), "*le trafic est une rivière. On peut considérer qu'il obéit aux mêmes lois que les rivières*" (LE CORBUSIER, -*The Radiant City*, Faber & Faber, London, 1964).

88 A propos du "réseau tuyau" (dans le cas du transport en commun) Georges Amar écrit : "*Il serait un territoire à part, astreint à ses propres règles qui sont celles de la fluidité de la circulation. Les flux de personnes en transit dans le réseau sont des fragments de territoire déterritorialisés, qui filent, qui glissent, indifférents aux territoires traversés*" (AMAR, G. -"*Pour une nouvelle conception des réseaux dans la ville*" in *Quaderni*, n°6, hiver 88/89, pp. 23-33)

89 AMAR, G. ; STATHOPOULOS, N. -"*Les Réseaux à Organisation Polaire (ROP) : approche théorique et méthodologique de l'évaluation des performances*" in *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n° 15-16, 1987, pp. 13-40.

semble persister⁹⁰, les rapports réseau/territoire continuent d'être largement ignorés par les procédures habituelles de conception et de planification⁹¹.

Cette logique reposant sur le *seul* principe de la circulation est cependant remise en question par un certain nombre de travaux de recherche relativement récents, fondés sur une *approche territoriale* des réseaux : l'idée est que si la logique circulatoire décrite précédemment entraîne l'extra-territorialisation d'un réseau, ce dernier reste en contact avec le territoire (il est donc "territorialisé") par l'intermédiaire de certains de ses points, les "points de connexion"⁹². Ce *principe de connexion* - à la base d'une série de réflexions sur le transport en commun menées au sein de l'Unité Prospective de la RATP dans le cadre du projet RESEAU 2000 - représente en fait un véritable renversement de perspective : *"le nouveau point de vue n'annulerait pas les flux, bien sûr, mais les verrait en second plan, comme une conséquence des connexions, ou une contrainte"*⁹³. A la conception traditionnelle qui privilégiait la fonction mouvement, c'est-à-dire la ligne, cette nouvelle vision promeut le point : *"un réseau serait [...] un ensemble de points ayant la double propriété : 1- d'être "inscrits" dans un site urbain (au plan économique, architectural, social, institutionnel) ; 2- d'être reliés, de diverses manières par des lignes, sans distinction nécessaire de "mode"."*⁹⁴ Ainsi, au réseau-tuyau constitué de lignes, on substitue un réseau de points, chacun de ces points étant un lieu d'articulation entre le réseau et le territoire.

Ce **point-de-réseau** - terme générique pour désigner (toujours dans le cadre des transports en commun) un tel "espace-tampon" - est donc un point de passage obligé pour accéder au réseau (gare, station, point d'arrêt...), mais il est aussi *"l'expression d'un fait fondamental, bien qu'évident : la discontinuité de l'usage*

90 "l'urbanisme actuel, son cadre institutionnel, et ses logiques seraient-ils en retard par rapport à l'approche territoriale des réseaux ?" (STATHOPOULOS, N. -*Pour une conception territoriale des réseaux : modèles conceptuels, aspects stratégiques et outils d'aide à la décision*, op. cit., p.3.)

91 Dans cette planification, *"la performance des réseaux se définit en fonction et par rapport aux flux véhiculés. Elle se définit donc par rapport à ce qui est véhiculé par le réseau et non pas par rapport au fait que les flux ou les services sont véhiculés en réseau. Ainsi pour l'évaluation des performances l'aspect fonctionnel prime sans contestation possible, et les autres aspects du réseau (morphologiques, cognitifs) deviennent secondaires."* (STATHOPOULOS, N. -*Pour une conception territoriale des réseaux : modèles conceptuels, aspects stratégiques et outils d'aide à la décision*, op. cit., p.10)

92 Cf. MENERAULT, P. -*Réseaux de transports et solidarités territoriales en milieu urbain*, Thèse de troisième cycle, IUP - Université de Paris XII - Val-de-Marne, Créteil, 1991.

93 AMAR, G. - "Pour une nouvelle conception des réseaux dans la ville", art.cit.

94 AMAR, G. ; STATHOPOULOS, N. - "Les Réseaux à Organisation Polaire (ROP) : approche théorique et méthodologique de l'évaluation des performances", art.cit., p.20.

*du transport. On ne saute pas, en courant, dans un bus ou dans un train en marche, ni d'un véhicule à l'autre [...]. L'accès à tout système de transport ne peut se faire que de manière discontinue, en certains points, aménagés de telle sorte que puissent s'y effectuer des "changements de vitesse" entre le territoire (vitesse du piéton) et un système de transport, ou entre deux systèmes (ou sous-systèmes) de transport."*⁹⁵

A partir de cette idée initiale, la notion de point-de-réseau a été retravaillée et enrichie jusqu'à devenir un véritable modèle conceptuel, dont on se contentera de mentionner ici les seuls éléments utiles à notre travail.

Tout d'abord, le point-de-réseau possède par définition une double dimension - territoriale et réticulaire. Il est donc possible de le caractériser par rapport à l'une ou l'autre de ces dimensions. En tant qu'élément du réseau, il a - nous l'avons vu - deux fonctions de base : il assure l'**accès** au réseau (entrée/sortie : c'est la fonction "embrayeur de mouvement") et éventuellement la **connexion** (correspondance entre différentes lignes, pouvant d'ailleurs appartenir à plusieurs modes, auquel cas on peut parler d'interconnexion). Il est important de noter que seule la première fonction est "obligatoire" : on peut ainsi distinguer les points de réseau "simples" assurant la seule fonction "accès" de ceux assurant en outre la seconde fonction (connexion). Si l'on considère maintenant ces deux fonctions "rétiistiques" sous l'angle territorial, un point de réseau "simple" (accès seul) peut être considéré comme n'ayant qu'un **rôle local** : il intéresse les seules personnes "ayant à faire" dans le quartier (elles y habitent, y travaillent, y étudient, y font leurs courses...) desservi par ce point (les usagers locaux, donc). De leur côté, les points de connexion intéressent *en outre* les usagers "connectants", c'est-à-dire ceux dont le déplacement n'est *a priori* pas motivé par le quartier du point, mais pour qui ce dernier représente simplement un lieu de passage obligé pour effectuer une correspondance ; on peut dire d'un tel point qu'il a en plus un rôle **trans-local**. Ces notions de local et de trans-local sont intéressantes dans la mesure où elles *"englobent les notions fonctionnelles d'accès et de connexion, mais sont plus riches qu'elles, justement parce qu'elles impliquent simultanément un caractère territorial"*⁹⁶.

95 STATHOPOULOS, N. ; AMAR, G. ; PENY, A. - "Formes et fonctions des points-de-réseaux", in *Flux*, n° 12, Avril-Juin 1993, pp. 29-45.

96 STATHOPOULOS, N. ; AMAR, G. ; PENY, A. - "Formes et fonctions des points-de-réseaux", art.cit., p. 33.

Ensuite, le "point-de-réseau" - dénomination quelque peu trompeuse - est un *espace* (surface ou volume - et non un point), et peut être analysé comme tel. On distingue l'**espace interne** "*propre au transport [...], plus ou moins fortement séparé de l'espace urbain et [...] sur lequel l'opérateur du réseau intervient en maître*" (exemple d'espace interne : l'ensemble du "site" souterrain - couloirs, quais - d'une station de métro, avec toutes les opportunités - services connexes, publicité... - qu'il offre et les problèmes - sécurité, propreté... - qu'il pose) de l'**espace externe**, "*espace sur lequel se déploie la connectivité immatérielle (signalétique, marquage au sol) du point*"⁹⁷. Cet espace - interne et externe - doit être conçu, exploité et entretenu pour satisfaire aux différentes fonctions qu'il est censé assurer, mais également intégrer au mieux différents usages (terme plus riche que la fonction), qu'il s'agisse d'usages préexistants (c'est le cas notamment pour l'espace externe, très étroitement imbriqué à l'espace urbain) ou induits (activités commerciales dans une station de métro, par exemple).

Cette notion "d'espace", croisée avec celle de "rôle" (local ou trans-local) mentionnée précédemment est à la base d'une qualification du point-de-réseau par une **analyse structurelle**, débouchant sur une typologie de points-de-réseaux⁹⁸ dont l'intérêt opératoire est d'orienter la réflexion sur les équipements, services et fonctions à prévoir dans cet espace : un point de réseau cumulant les rôles locaux et trans-locaux, et doté d'espaces aussi bien internes qu'externes devra sans doute être aménagé différemment qu'un point-de-réseau ayant un rôle purement local et un espace uniquement interne. Une fois déterminée sa structure (en termes d'espaces et de rôles, donc), on peut enfin s'intéresser au **fonctionnement** du point-de-réseau, notion englobant principalement les fonctions basiques (accès et connexion), les services assurés dans l'espace interne et externe du point-de-réseau⁹⁹, et surtout les comportements et les usages dans

97 STATHOPOULOS, N. ; AMAR, G. ; PENY, A. - "Formes et fonctions des points-de-réseaux", art.cit., p. 34.

98 Cette typologie découle directement de la matrice croisant les deux notions, dont chacune possède - on l'a vu - deux modalités. La matrice résultante possède donc quatre cases, et un point-de-réseau peut donc avoir :

1-un rôle local et un espace interne

2-un rôle local et un espace externe

3-un rôle trans-local et un espace interne

4-un rôle trans-local et un espace externe

Bien évidemment, ces quatre occurrences ne sont pas exclusives, et toutes les combinaisons sont permises, chaque combinaison correspondant à un type de point-de-réseau.

99 Ces services sont de trois ordres : les services "directs", liés aux fonctions basiques (vente de titres de transport, signalétique...), les services "connexes" (informations sur le réseau et

cet espace, en particulier (mais pas seulement) la **circulation interne** découlant des fonctions basiques, usages conditionnés par la structure interne du point et par les services qui y sont offerts¹⁰⁰.

C'est sur cette notion du point-de-réseau que nous terminons la présentation des quelques éléments du cadre conceptuel qui, après quelques adaptations, doit nous permettre de proposer une délimitation théorique d'un terrain d'étude pertinent eu-égard à la question centrale de cette thèse.

Comme complément à cette présentation, nous donnons en **annexe 1** un bref aperçu des principales méthodes d'analyse des réseaux.

2.2.- Les voies urbaines comme réseau technique

Cette théorie territoriale des réseaux (il serait plus juste de dire : certains de ses aspects), il s'agit maintenant de l'appliquer à l'objet d'étude choisi - la voirie urbaine.

Pour cela, nous commençons par adapter la notion de réseau de projets transactionnels (RPT) au cas particulier des automobilistes ; nous nous intéressons ensuite à la voirie urbaine en tant que réseau technique, compromis ne pouvant satisfaire que partiellement ce "RPT-VP" (VP pour voiture particulière) ; nous développons enfin une réflexion autour des notions d'échelle et de point-de-réseau qui débouche sur la proposition d'un modèle de fonctionnement "circulatoire" de la voirie urbaine - étape préalable à la délimitation *théorique* d'un terrain d'étude pertinent pour notre modèle d'analyse, dont la construction est l'objet du chapitre 3.

d'autres réseaux, sur la ville, sur le quartier...), et les services "régulateurs" (fonctionnement du point de réseau en tant qu'espace public : sécurité, entretien...).

100 Ce type d'analyse, à la fois structurelle et fonctionnelle, se réfère bien évidemment à l'analyse des systèmes : "[...] la description d'un système doit être double. A une description structurelle répondant à la question "de quoi est fait le système ?" doit s'ajouter une description fonctionnelle ("comment fonctionne le système ?")" : DUPUY, G. -*Systèmes, réseaux et territoires - principes de réseautique territoriale*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1985, p. 14.

2.2.1.- Le "RPT-VP"

Rappelons que l'objet de cette thèse est l'étude des déplacements automobiles (les seules voitures particulières) en ville. Que devient le réseau de projets transactionnels dans ce cadre ?

Pour effectuer cette adaptation, posons une hypothèse de travail, fondée sur le bon sens des acteurs-automobilistes, supposés établir leurs projets transactionnels dans les limites du "techniquement possible" à l'heure actuelle. Cela signifie en particulier que l'on se place dans l'optique du seul déplacement physique, où "*se relier au point A*" est synonyme de "*se déplacer vers le point A*", ce qui exclut la vision de rêve (ou de cauchemar ?) d'un réseau maximal qui mettrait en relation immédiate - par "téléportation" ou tout autre moyen de transport instantané - un point de la ville à tous les autres points de la terre... et pourquoi pas, de l'univers.

La seconde hypothèse simplificatrice que nous posons est elle aussi liée au réalisme des automobilistes : en effet, seuls seront pris en compte les déplacements "raisonnablement faisables" au cours d'une journée de travail "normale" (on laisse de côté les départs en vacances ou en week-end).

Enfin, à cette limitation temporelle¹⁰¹, on ajoute une troisième hypothèse, consistant à postuler que l'automobiliste n'est pas "trop gourmand", c'est-à-dire qu'il se contente, dans ses projets transactionnels, d'être relié directement à ses seuls *principaux* centres d'intérêt *du moment* (et non pas ceux qu'éventuellement, un jour, il pense fréquenter). Ainsi, en considérant un acteur-automobiliste ayant un seul lieu de travail et un seul lieu de domicile, un cercle de parents et d'amis moyennement étendu (pour chacun desquels il peut vouloir rejoindre *leur* lieu de travail - par exemple, le lieu de scolarisation de ses enfants, le lieu de travail de sa femme¹⁰²...), un certain nombre de services (médecin de famille, poste, coiffeur...), des points d'achats privilégiés plus d'autres occasionnels, quelques activités sportives, culturelles, associatives (bibliothèques, cinémas,

101 doublement temporelle pourrait on dire : on ne s'intéresse qu'aux déplacements réalisables en automobile durant une journée, et parmi ceux-ci, uniquement à ceux "raisonnablement" réalisables, donc ne prenant "pas trop de temps".

102 nous simplifions au maximum : on pourrait raisonnablement étendre les points à relier à l'ensemble des endroits fréquentés par le cercle familial et d'amis (et d'amis d'amis...).

musées, théâtres, clubs...), et quelques autres lieux de prédilection et de détente (restaurants, parcs, lieux de culte...), le tout dans le seul cadre de la seconde hypothèse simplificatrice (localisation de ces centres d'intérêt limitée à la ville ou à la région de résidence principale), l'ensemble des projets transactionnels dudit automobiliste pourrait vraisemblablement être assimilé à un semis de quelques centaines de points, tous reliés deux à deux par des lignes de désir.

Dans ces conditions, le réseau de projets transactionnels des automobilistes d'une ville (i.e. ayant leur domicile - points de chute "obligé" dans le cadre d'une journée - dans cette ville) serait la superposition de tous ces projets transactionnels individuels ; on l'appellera le **RPT-VP** de cette ville.

Sans doute, à ce niveau, une première simplification n'empiétant pas trop sur les désirs de chaque automobiliste pris isolément, serait envisageable : elle consisterait simplement à effectuer des regroupements par "paquets". Par exemple, on peut imaginer que les origines et destinations de l'ensemble des lignes de désir de chaque automobiliste peuvent ne pas être véritablement "ponctuelles" (porte à porte intégral), mais qu'elles sont assimilables à des "zones" d'une certaine importance (*l'îlot* pourrait constituer la base d'une telle zone) ; il s'agit donc d'une concession supplémentaire de la part de l'usager, qui accepte que seul "son" îlot pris globalement - et non pas son appartement - soit relié à "ses" points potentiels de destination, qui sont également des îlots.

Moyennant toutes ces hypothèses simplificatrices, on peut définir le RPT-VP d'une ville comme l'ensemble des lignes de désir journalières "courantes" des automobilistes habitant cette ville. Ces lignes de désir relient par un grand nombre de liaisons directes (sinon deux à deux) l'ensemble¹⁰³ des îlots de cette ville et de sa région.

A titre purement anecdotique, on peut imaginer que ce RPT-VP (déjà très simplifié), une fois matérialisé sous forme de réseau technique, correspondrait

103 On devrait dire plutôt l'ensemble des îlots constituant une origine ou une destination "raisonnable" d'au moins un automobiliste de cette ville. Si l'on se place dans le cas d'une ville européenne (et à plus forte raison américaine) où le taux de motorisation est élevé, il est évidemment peu probable qu'un îlot ne soit ni l'origine ni la destination - effective ou potentielle - d'au moins un automobiliste au cours d'une journée.

vraisemblablement à un tissu très dense de voies de type autoroutier¹⁰⁴ rectilignes (reprenant le tracé des lignes de désir) presque vides de véhicules : le cas le plus défavorable (et hautement improbable) correspondrait en effet au départ simultané de l'ensemble des automobiles d'un îlot (par exemple un groupement d'immeubles d'habitation) vers une même destination (par exemple un cinéma). Il est clair que même dans ce cas, le flot de véhicules résultant serait ridiculement faible par rapport à la capacité d'une voie autoroutière.

2.2.2.- La voirie urbaine : un réseau technique hiérarchisé

Voyons maintenant à quoi ressemble un réseau de voirie urbaine réel, résultat du fameux compromis entre un tel RPT-VP et différentes contraintes.

Rappelons pour commencer que le réseau technique peut se décliner en trois "composantes" : le réseau-support (l'infrastructure), le réseau-service (utilisant le précédent) et le réseau-informationnel (assurant la régulation du système). Dans le cas présent, **chaque automobiliste utilise le réseau-support pour se créer son propre réseau-service**. Ce dernier point, allié à un maillage très dense et au fait que chaque îlot est par définition relié aux autres îlots par le réseau support¹⁰⁵, pourrait laisser à penser que la situation réelle se rapproche beaucoup du RPT-VP : pour aller d'un point à un autre, chacun est en principe libre de choisir l'itinéraire le plus direct, se rapprochant du tracé de la ligne de désir... à un coefficient près (racine de deux, dans le cas théorique de mailles carrées).

Qu'en est-il dans la réalité ? Précisons tout d'abord que le réseau support est le résultat d'une évolution, d'une histoire¹⁰⁶ : les rues se mettent en place pour différentes raisons à différentes époques et s'adaptent progressivement à de nouvelles fonctions et de nouveaux usages (même si leur tracé est remarquablement invariant au cours du temps). La configuration de l'infrastructure viaire actuelle est donc issue d'un jeu complexe de

104 l'autoroute constituant à l'heure actuelle le "sumмум" (d'un point de vue uniquement circulatoire) en matière d'infrastructure destinée aux automobiles. Dans cette vision, les croisements à niveau sont évidemment exclus.

105 Chaque îlot est par définition bordé de voies, puisqu'il "ne s'est formé qu'à partir et le long des rues" (ROULEAU, B. -*Le tracé des rues de Paris - formation, typologie, fonctions*, Editions du CNRS, Paris, 1975, p.11)

106 ROULEAU, B. -*Le tracé des rues de Paris*, op.cit.

superpositions/juxtapositions/transmutations/adaptations liées aux différentes époques, ce qui explique en particulier la grande diversité des caractéristiques formelles des rues. Les grandes restructurations-destructions étant des phénomènes plutôt marginaux dans l'histoire d'une ville, l'apparition d'un nouvel usage induit un dysfonctionnement momentané suivi d'une simple adaptation plus ou moins marquée du réseau-support existant¹⁰⁷. Le tout récent usage (à l'échelle historique) "déplacement automobile", assimilable à l'apparition d'un nouveau réseau-service qui tente de s'approprier le réseau-support, conduit ainsi l'aménageur - qui ne peut, pour diverses raisons (économiques, politiques...), "tailler dans la masse" du tissu urbain existant - à recourir à un certain nombre de mesures relativement "légères" concernant l'infrastructure (réduction des trottoirs¹⁰⁸, adaptation de la surface de la chaussée, séparation circulation lente/circulation rapide...) mais surtout la réglementation (interdiction de circuler pour véhicules encombrants à certaines heures de la journée, mise en sens unique de certaines rues, réglementation du stationnement, signalisation horizontale et verticale - notamment les signaux lumineux...)¹⁰⁹, et destinées à faciliter - voire favoriser - la mobilité automobile.

Néanmoins, malgré la très grande importance prise par l'automobile dans la ville du XX^{ème} siècle¹¹⁰, ces dispositions doivent tenir compte d'un certain

107 "L'histoire de la ville et de ses rues suggère [...] que les déséquilibres entre la circulation et les formes urbaines ont été fréquents au cours du temps et peuvent même être considérés comme une tendance constante, suscitant périodiquement de vastes réaménagements, où le remaniement et le recyclage des formes urbaines permettent une sorte de mise à jour et un rééquilibrage global. Ce schéma est le plus utilisé pour étudier la question dans la ville européenne, la dernière période de référence étant le XIX^{ème} siècle, autour d'Hausmann, comme un moment de relative maîtrise des problèmes, suivi par des épisodes plus incertains, jusqu'à maintenant" (HAUMONT, A. - "La rue et l'immeuble, mobilité quotidienne et formes urbaines" in *Villes en parallèle*, n° 12-13, 1988, pp. 176-186).

108 A l'époque du développement massif du véhicule particulier comme mode de transport, il était même question de supprimer les trottoirs, et d'aménager des arcades pour les piétons ; mais ce type d'aménagement lourd n'a en général pas dépassé le stade du projet, pour des raisons financières notamment (CARRE, H. - "Le problème de la circulation à Paris", in *L'Illustration*, 16 novembre 1929)

109 L'aspect réglementaire correspond pour nous à la troisième "couche" du réseau technique, le réseau informationnel. Il est à noter que l'utilisation de signaux lumineux (surtout s'ils sont coordonnés) permet une régulation très efficace du trafic par "injection d'information" dans le réseau technique.

110 Ainsi, l'influence de l'automobile se fait vite sentir même en architecture : "[...] si l'automobile des "Temps Modernes" est née dans des lieux qui ignorent l'architecte, les architectes n'ignorent pas toujours l'automobile. Dans plusieurs grands projets, Le Corbusier fait participer le système d'accès des automobiles à la conception architecturale" (MONNIER, G. - *L'Architecture en France - une histoire critique*, Philippe Sers Editeur, Paris, 1990)

nombre d'autres impératifs, souvent en contradiction avec la logique circulaire : la rue doit, certes, permettre le passage des véhicules, mais elle est aussi un espace de vie¹¹¹.

Conformément à la conception "réseau tuyau", qui - on l'a vu - domine la planification urbaine, la solution de compromis entre la fluidité (mouvement) et l'espace de vie (repos) consiste à définir des zones "calmes" à l'intérieur desquelles l'infrastructure viaire ne supporte idéalement que du trafic exclusivement local, reliées entre elles (et délimitées) par des "voies-tuyaux" où tout est fait pour privilégier la fluidité.

Il est intéressant de noter que cette distinction entre voies apparaît même lorsque le réseau support ne présente pas *a priori* de disparités dues au "poids de l'histoire" : dans certaines villes américaines, les caractéristiques physiques du réseau-support, constitué par un quadrillage dense de voies de dimensions autoroutières (à Los Angeles, plus des trois quarts de la surface de la ville sont occupés par la voirie), pourrait suggérer la fameuse "adéquation au coefficient racine de deux près" évoquée précédemment entre le RPT-VP et le réseau technique ; dans les faits, cette adéquation est rendue impossible par les caractéristiques topologiques du réseau support (croisements à niveau, d'où conflits potentiels) mais également par les deux autres niveaux du réseau : le réseau informationnel, concrétisé notamment par la réglementation (information "injectée" dans le réseau), entraîne une hiérarchisation "par les vitesses", et de ce fait, par les concentrations de véhicules (donc par le réseau-service). En effet, les automobilistes, désireux de minimiser leur temps de trajet, se rabattent sur des "grands axes" où la vitesse est permise.

Cela ne fait que confirmer - si nécessaire - que la nature du compromis menant du RPT-VP au réseau technique fait intervenir de nombreux facteurs, c'est-à-dire que la multiplicité des fonctions et usages de la rue amènent le planificateur à sacrifier par endroits la fonction "déplacement automobile" à

111 A propos de la rue, Cliff Moughtin écrit : *"it is, at one and the same time, both path and place [...] Defining a street as a road for vehicles is not the same as designing it as a "path". The traffic route designed by the engineer to serve as many passenger car units per hour relegates the street to the level of a sewer, a conduit which facilitates the efficient movement of effluent [...]. The path, therefore, represents a basic property of human existence, and it is one of the great original symbols."* (MOUGHTIN, C. - "The European city street", in *Town Planning Review*, Vol.62, number 1, January 1991).

d'autres usages : habiter, espace de jeux pour enfants (nous sommes aux États-Unis)... auxquels peuvent s'ajouter d'autres "contraintes" (activités commerciales, volonté politique de préserver un patrimoine historique...) éloignant le réseau technique du RPT-VP.

Il est clair que certaines configurations se prêtent mieux à une telle distinction de voies du fait d'une plus grande diversité au niveau des caractéristiques formelles de l'infrastructure viaire, diversité orientant fortement (et très logiquement) le choix du planificateur concernant les "grands axes"... *a fortiori* si une véritable hiérarchie de voies est physiquement inscrite dans le tissu urbain par les époques préexistantes à l'automobile. C'est par exemple le cas du Paris de Haussmann et de la Barcelone de Cerdà, où des caractéristiques aussi bien dimensionnelles (notamment la largeur), que géométriques (tracé) et topologiques (certains axes relient entre eux des points "importants" à l'échelle de la ville), différencient les voies les unes des autres, différences morphologiques que le planificateur du XX^{ème} siècle viendra renforcer - on l'a vu - par des différences réglementaires (limitations de vitesse différente selon le type de voie, signaux lumineux synchronisés par "ondes vertes" sur certaines voies...), incitant l'automobiliste effectuant un déplacement à se "rabattre" dessus¹¹². Dans notre optique exclusivement circulatoire, de tels axes peuvent donc être qualifiés d'**axes de rabattement**.

C'est donc tout autant une certaine conception de la planification urbaine qu'une formation progressive de la configuration spatiale des voies qui ont déterminé la nature du compromis transformant un RPT-VP virtuel en réseau

112 Outre le fait que ces grands axes possèdent des caractéristiques adaptées au déplacement automobile (encore que les problèmes de congestion viennent relativiser ce point), leurs caractéristiques formelles servent également l'automobiliste à s'élaborer une "carte mentale", représentation simplifiée et plus ou moins déformée de l'espace urbain, qui lui permet d'établir un itinéraire (plus ou moins direct et plus ou moins rapide selon la qualité de sa carte mentale) pour aller d'un point de la ville à un autre. S'intéressant aux choix stratégiques et tactiques adoptés par les chauffeurs de taxi aussi bien débutants qu'anciens se déplaçant à Paris, Jean Pailhous a montré que si cette carte mentale s'étoffe avec l'expérience, elle comporte toujours un "réseau de base" constitué pour la plus grande part par des grands axes sur lesquels le chauffeur se rabat au plus vite et qu'il ne quitte qu'une fois arrivé à proximité de sa destination finale (l'essentiel du parcours s'effectue donc sur ces grands axes)... ou lorsqu'un obstacle se présente au cours du trajet. (Cf. PAILHOUS, J. - *La représentation de l'espace urbain - l'exemple du chauffeur de taxi*, Presses Universitaires de France, Paris, 1970).

technique réel ; ce compromis a abouti à une **hiérarchisation** de ce dernier du point de vue de ses trois composantes¹¹³.

2.3.- Le point-de-réseau : une notion adaptée à la voirie urbaine ?

Puisque le réseau viaire est hiérarchisé, il devrait être possible, dans cette hiérarchie, de distinguer des catégories fonctionnelles¹¹⁴ (du point de vue du seul trafic) de voies.

En effet, on peut raisonnablement penser que le phénomène de rabattement¹¹⁵ évoqué précédemment est généralisable, et que la typologie résultante ne distingue pas uniquement la "voirie locale" des "grands axes" :

*"Le point de départ comme le point d'arrivée de toutes les voies est toujours l'habitation ou la demeure de l'homme. La communication entre ces deux extrêmes n'est généralement pas directe et elle doit s'effectuer par des voies intermédiaires. Un système de voies ressemble à un bassin fluvial. Les sources forment des ruisseaux qui affluent vers des torrents. Ceux-ci débouchent dans les rivières qui, à leur tour, se jettent dans le fleuve qui mènera toutes ces eaux à la mer. De même, l'homme sort de sa maison en empruntant un sentier qui le conduit à un chemin qui débouche sur un chemin vicinal. Celui-ci mène à une route départementale, puis nationale, et ainsi de suite, jusqu'au rivage de la mer où les différentes voies se disperseront sur cet élément navigable en toutes directions pour desservir les divers points du globe"*¹¹⁶.

113 Il est à noter que si la hiérarchie fonctionnelle dont il est question ici est issue d'une optique exclusivement circulatorie, elle peut se doubler d'une hiérarchie "visuelle", qui contribue à structurer la perception de l'environnement urbain (donc à s'y repérer) : *"Les voies, le réseau des lignes de déplacement habituel ou éventuel à travers le complexe urbain, sont les moyens les plus puissants pour mettre de l'ordre dans l'ensemble. Les lignes-clés devraient posséder certaine qualité particulière qui les distingue des chenaux environnants : une concentration de certaines utilisations ou de certaines activités particulières le long des bords, une qualité spatiale caractéristique, une texture particulière du sol et des façades, un modèle d'éclairage spécial, un ensemble unique d'odeurs ou de sons, un détail ou un style de plantations typiques."* (LYNCH, K. -*L'image de la cité*, op. cit.)

114 Par fonctionnel, nous entendons bien évidemment la fonction déplacement automobile - la seule qui nous intéresse dans le cadre de ce travail.

115 Il serait plus juste de parler de **rabattement / éclatement** : au début de son déplacement, l'automobiliste passe par des voies "locales" pour rejoindre un "grand axe" proche (rabattement), emprunte uniquement de tels "grands axes" pour effectuer la majeure partie du voyage, au terme duquel il entre de nouveau dans la voirie "locale" (éclatement) pour rejoindre sa destination finale.

116 CERDA, I. -*La théorie générale de l'urbanisation, présentée et adaptée par Antonio Lopez de Aberasturi*, Seuil, Paris, 1979, p.125.

Ne devrait-on pas alors pouvoir distinguer plusieurs "niveaux", plusieurs échelles fonctionnelles d'axes de rabattement ?

2.3.1.- "L'échelle d'un tronçon de voie"

Cette notion d'échelle de voie mérite d'être précisée. Pour commencer, il est nécessaire de définir l'objet censé être qualifié par une échelle - la voie. Le simple fait de chercher à le qualifier suppose une délimitation préalable de cet objet. Dans la mesure où l'on se place dans une optique fonctionnelle circulatoire, sans doute serait-il peu pertinent d'avoir recours à une délimitation purement administrative ou conventionnelle (par exemple par noms de rues, par numéros de routes ou d'autoroutes) ; un découpage selon une logique réticulaire semble plus adapté. A cette fin, la théorie des graphes¹¹⁷ semble particulièrement intéressante, dans la mesure où il suffit de reprendre la définition d'un *nœud* du graphe associé au réseau viaire pour obtenir *de facto* un découpage de ce graphe en *arcs*. Il ne s'agit pas de développer ici ces notions plus avant ; il suffit de préciser qu'à partir de maintenant, un tronçon de voie d'un réseau, ou simplement **tronçon**, désignera l'élément de voirie représenté par un arc du graphe associé à ce réseau (cela correspond *grosso modo* à la portion de voirie comprise entre deux carrefours successifs). Plutôt que d'échelle de voie, il sera dorénavant question d'**échelle de tronçon**.

Cette première mise au point étant faite, penchons nous maintenant sur le terme d'échelle, qui en soi est d'une grande richesse¹¹⁸ : par exemple, le géographe l'emploiera le plus souvent comme un rapport de deux distances en se référant à une métrique, alors que dans la bouche d'un architecte, l'échelle pourra en outre avoir des connotations d'ordre esthétique (un objet architectural "à l'échelle du site", voire même "à la bonne échelle"). On notera cependant que dans tous les cas, le recours implicite ou explicite à un référent est toujours

117 En matière de bibliographie, le lecteur intéressé par la théorie des graphes a évidemment l'embarras du choix. Contentons nous ici de le renvoyer à un ouvrage de base, donnant un très bon aperçu de la théorie des graphes appliquée aux réseaux de transport : KANSKY, K.J. -*Structure of transportation network*, University of Chicago, Department of Geography, 1963.

118 Exemple parmi d'autres, Philippe Boudon développe une réflexion intéressante autour de la notion d'échelle dans l'ouvrage : BOUDON, P. -*Richelieu, Ville nouvelle : essai d'architecturologie*, Dunod, Paris, 1978.

nécessaire : par exemple, pour ce qui est de la "bonne échelle", le référent implicite peut-être le cadre bâti (environnement plus ou moins immédiat en fonction de la position de l'observateur, ce qui implique que le référent peut être variable), la taille de l'être humain, etc.

Niveau d'un déplacement et niveau d'un tronçon : étape intermédiaire

Lorsque l'on parle d'un déplacement automobile "à l'échelle du quartier", "à l'échelle de la ville" ou "à l'échelle européenne", l'échelle en question est donnée implicitement par l'éloignement entre l'origine et la destination, le référent étant le *territoire*. Ce point mérite d'être formalisé :

partant de la *hiérarchisation des voies* évoquée précédemment, sans doute peut-on penser - mais cela reste une hypothèse - que plus l'automobiliste va loin, plus il aura tendance à se rabattre sur une infrastructure de "niveau" (terme qui reste à définir) hiérarchique important, ou plus exactement, adapté à l'*importance* (en termes d'éloignement entre l'origine et la destination) du déplacement, que l'on appellera *niveau du déplacement*.

De ce qui précède, il découle que le "niveau" d'un tronçon est, de manière intuitive, lié au niveau des déplacements (fonction des origines/destinations) qu'il supporte, ou en d'autres termes, qu'il est fonction de la **composition du trafic** (pourcentages respectifs des différents niveaux de déplacement supportés par le tronçon considéré), donc des origines/destinations.

Or il est clair qu'une même infrastructure peut supporter plusieurs niveaux de déplacements : le trafic automobile sur un boulevard parisien est constitué de véhicules conduits aussi bien par des automobilistes (sans doute marginaux) allant à la boulangerie distante de quelques centaines de mètres de leur domicile que par ceux traversant la ville de part en part.

On peut alors postuler que **le niveau d'un tronçon est le niveau du déplacement majoritaire supporté par ce dernier**¹¹⁹.

119 Par rapport à la métaphore aquatique proposée par Ildefonso Cerdà, s'interroger sur le niveau d'un tronçon revient à se poser la question : ce dernier relève-t-il "le plus" du ruisseau, du torrent, de la rivière ou du fleuve ?

De la notion de niveau à la notion d'échelle

Le niveau d'un tronçon est donc lié au niveau de déplacement ; ce dernier, on l'a vu, est fonction de l'éloignement entre l'origine et la destination. Cet éloignement peut être défini comme une distance ; mais il peut l'être également en termes d'appartenance à une "zone" territoriale, ce qui suppose un découpage préalable de l'espace géographique. On pourrait imaginer un découpage purement arbitraire (des zones carrées imbriquées les unes dans les autres, par exemple) ; toutefois, de telles zones arbitraires n'auraient aucune signification territoriale (la notion de territoire est complexe, intégrant de nombreuses dimensions, en particulier l'existence d'un pouvoir).

Pour illustrer le raisonnement qui suit, on peut par exemple partir d'un découpage territorial existant, présentant l'avantage de comporter des frontières clairement définies : il s'agit du découpage administratif, par lequel l'espace géographique est divisé en zones d'intersection nulle de niveau n (par exemple, découpage en pays par les frontières internationales), comportant des subdivisions de niveau $n-1$ (par exemple des régions) dont il est la juxtaposition, elles-mêmes subdivisées en entités territoriales de niveau $n-2$ (les départements), et ainsi de suite jusqu'au niveau 0 (la plus petite entité administrative existante, mettons le quartier).

Dans ces conditions, il devient possible de définir le niveau d'un déplacement par rapport à une entité territoriale. Ce renvoi au territoire (qui devient alors le *réfèrent*) permet d'utiliser le terme d'**échelle** (en l'occurrence échelle d'un élément d'infrastructure de réseau *par rapport* à un territoire) pour qualifier un déplacement : ainsi, on peut appeler "déplacement d'échelle i " tout déplacement dont l'origine et la destination se trouvent à l'intérieur d'une zone territoriale de niveau i , avec i aussi faible que possible¹²⁰.

Cette définition présente bien évidemment le problème classique du caractère plus ou moins arbitraire des limites (dans notre cas administratives) des zones territoriales retenues, limites souvent non pertinentes du point de vue des

¹²⁰ Cette dernière proposition est essentielle : il est clair que l'origine et la destination d'un déplacement s'effectuant à l'intérieur d'un quartier (niveau i) se trouvent également à l'intérieur de l'arrondissement (niveau $i+1$), de la commune (niveau $i+2$), du département (niveau $i+3$), et ainsi de suite, contenant ce quartier.

déplacements : en effet, dans cette logique, un déplacement quotidien d'un automobiliste habitant un village frontalier français et travaillant dans un village frontalier belge serait classé comme déplacement d'échelle européenne (l'Europe étant le plus faible niveau territorial contenant à *la fois* l'origine et la destination du déplacement). On peut cependant penser que comparativement à l'ensemble des déplacements internationaux, ce phénomène est marginal, et que par conséquent, dans la plupart des cas, la notion d'échelle de déplacement reste bien en adéquation avec la vision intuitive - liée aux distances - que l'on peut en avoir ("un déplacement d'échelle internationale, c'est long, un déplacement à l'échelle d'un quartier, c'est très court").

La seconde difficulté est relative au passage entre l'échelle du déplacement et l'échelle d'un tronçon.

Le niveau d'un tronçon, on l'a vu, est défini par le niveau (donc les origines/destinations) des flux majoritaires qu'il supporte. Or il est clair que dans la logique arborescente des rabattements *successifs* évoquée précédemment, tout véhicule, avant de se retrouver sur une autoroute susceptible de l'amener vers le pays-destination, passe - dans la plupart des cas - par une série d'étapes intermédiaires : ruelle, rue, boulevard, etc. et passera par ces mêmes étapes, mais dans l'ordre inverse, pour parvenir à sa destination finale.

En fait, dans une vision locale (c'est-à-dire pour un observateur situé sur un tronçon donné), ce qui compte pour déterminer "intuitivement" l'échelle de ce dernier, c'est la composition du trafic en termes d'origine **ou** (et non pas **et**) de destination : voit-on passer majoritairement des véhicules originaires **ou** destinataires du quartier, de l'arrondissement (mais *pas* du quartier), ou de la ville (mais *pas* de l'arrondissement) contenant ce tronçon ? L'habitant d'un village situé sur une voie communale en cul de sac ne verra circuler que les véhicules de ses voisins... même si ces derniers cherchent à rejoindre la nationale, puis l'autoroute qui les amènera vers un pays lointain, leur destination finale. Faut-il pour autant conclure que cette voie communale est d'échelle internationale ?

Pour palier ce problème d'adéquation avec une vision intuitive, nous proposons de définir l'échelle d'un tronçon de la manière suivante :

Echelle de tronçon - définition

Si l'on désigne par "tronçon" un élément d'infrastructure du réseau viaire correspondant à la définition de l'arc du graphe associé, et si "l'échelle d'un déplacement" observé sur ce tronçon est déterminée par la circonscription territoriale de niveau hiérarchique aussi faible que possible contenant à la fois ce dernier et l'origine *ou* la destination de ce déplacement, on appelle échelle du tronçon l'échelle de déplacements la plus fréquente que celui-ci supporte, à une période donnée et durant un laps de temps donné.

Concrètement, cela signifie que pour déterminer l'échelle d'un tronçon :

- on commence par découper l'espace géographique en circonscriptions territoriales hiérarchisées (on peut reprendre un découpage existant, par exemple le découpage administratif) : la circonscription de niveau i est la juxtaposition de circonscriptions de niveau $i-1$;

- on détermine ensuite les origines et destinations des véhicules passant sur le tronçon (à la période et durant le laps de temps qui nous intéresse) ;

- on repère la circonscription territoriale de niveau hiérarchique aussi faible que possible (appelons i ce niveau hiérarchique) contenant le tronçon en totalité ;

- on compte les origines et destinations (sans chercher à savoir quelle origine correspond à quelle destination) situées à l'intérieur de la circonscription de niveau i (pour $i=0$, cela correspondrait par exemple au quartier) contenant le tronçon ; appelons N_i le nombre obtenu ;

- on procède de même pour les origines et destinations situées à l'intérieur de la circonscription de niveau $i+1$ contenant la circonscription de niveau i précédente, mais sans recompter celles situées à l'intérieur de cette dernière ; appelons N_{i+1} le nombre obtenu ;

et on continue de la même manière jusqu'à la circonscription territoriale occupant le sommet de la hiérarchie (appelons n ce niveau hiérarchique ultime, par exemple, l'Europe) ; dans la même logique, le nombre d'origines et destinations contenues dans cette dernière (sans tenir compte de celles appartenant à toutes les circonscriptions de niveau inférieur qu'elle contient) sera appelé N_n .

Pour déterminer l'échelle du tronçon, il suffit alors de comparer tous les nombres obtenus : si l'on appelle N_k (avec évidemment $i+1 < k < n$) le plus grand d'entre eux, c'est-à-dire $N_k = \sup(N_i, N_{i+1}, \dots, N_n)$, le tronçon est d'échelle k , car le trafic qu'il supporte est constitué majoritairement par des véhicules dont l'origine ou la destination est située dans la circonscription de niveau k qui le contient (si par exemple le niveau k correspond au département, on dira que le tronçon est d'échelle départementale).

La **figure 2** illustre ce processus ; on notera que dans le cas purement théorique représenté, le découpage territorial est totalement indépendant de l'infrastructure viaire (ce qui est rarement le cas dans la réalité, surtout en ville : à Paris, par exemple, les limites de quartiers et d'arrondissements suivent le tracé de certaines voies).

Cette définition appelle quelques remarques :

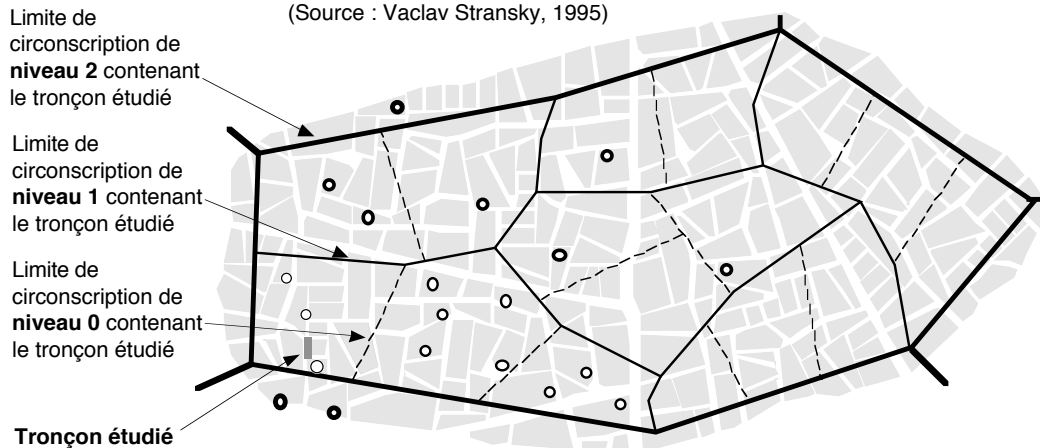
1- La détermination de l'échelle d'un tronçon telle que définie ci-avant serait sans doute difficile à mettre en œuvre dans la pratique, puisqu'en théorie, il serait nécessaire de connaître à tout moment les origines et destinations de l'ensemble des véhicules qui l'empruntent (à moins de disposer d'un système électronique de repérage de tout véhicule en temps réel, cela semble impossible) ; notons toutefois que des méthodes existantes de recueil de données sur le terrain (utilisées essentiellement pour construire ou pour vérifier des matrices origine-destination, pourraient utilement être mises en œuvre : enquêtes par interview, enquêtes avec "identification du véhicule"...¹²¹.

121 Le lecteur intéressé par ces questions pourra consulter l'ouvrage suivant :
BOESWILWALD, A. ; FARGIER, P.H. ; LATORRE, M. -*Les études de prévision de trafic en milieu urbain - Guide technique*, CETUR, Bagneux, 1990.

FIGURE 2

Détermination de l'échelle d'un élément de réseau

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



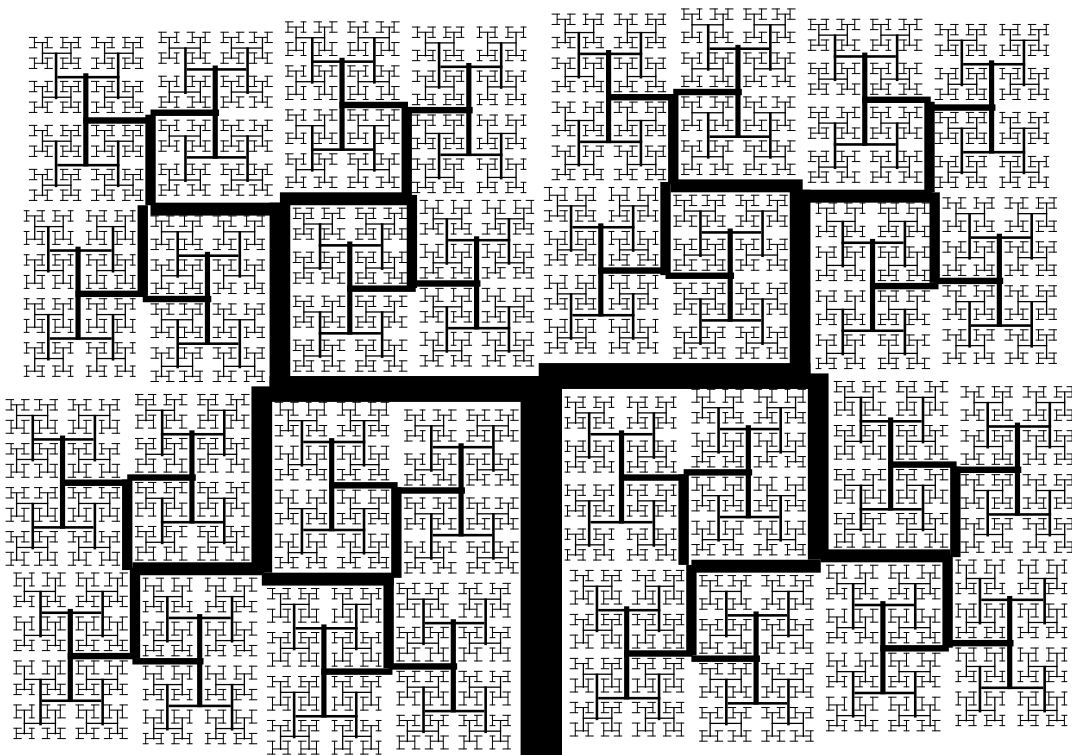
Les cercles \circ , \circ , \circ , \bullet représentent les origines et destinations des véhicules passant par le tronçon étudié, et situées respectivement à l'intérieur des circonscriptions de niveau 0, 1, 2 et 3 (les limites de cette dernière n'apparaissent pas sur la figure) contenant le tronçon.

Dans le cas théorique représenté sur cette figure, parmi les 20 origines et destinations, 3 appartiennent à la circonscription de niveau 0 ; 8 appartiennent à celle de niveau 1 (sans appartenir à la précédente) ; 6 sont situées dans la circonscription de niveau 2 (mais à l'extérieur des précédentes) ; enfin, 3 origines et destinations appartiennent à la circonscription de niveau 3. Le tronçon étudié est donc d'échelle 1 (correspondant au niveau territorial contenant le plus grand nombre d'origines et destinations).

FIGURE 3

Structure hiérarchisée dendritique dans une surface

(d'après : MANDELBROT, B.B. *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman, New York, 1983)



2- l'échelle d'un tronçon est temporelle, au sens où elle est liée aussi bien à la période qu'au laps de temps durant lesquels sont mesurées les origines et destinations des véhicules qui le parcourent : l'échelle d'un tronçon autoroutier en zone urbaine, si elle est calculée sur une heure et durant la période de pointe du soir, ne sera sans doute pas la même que l'échelle calculée sur la même base (horaire) mais à un autre moment de la journée ; de même, l'échelle de ce même tronçon calculée sur une journée sera peut-être "régionale" un dimanche (départs et retours en week-end), "nationale" (voire internationale) un premier août, alors que calculée sur toute l'année, cette échelle sera peut-être "départementale" (la congestion due à des déplacements relativement locaux pouvant en effet "interdire" des segments d'autoroute à tout autre trafic). La notion d'échelle de tronçon est donc liée à la finesse du découpage temporel : on peut parler d'échelle d'un tronçon sur telle année, tel mois, tel jour, telle heure...

3- Le recours à la théorie des graphes comme base de définition du tronçon est indicatif, et devrait certainement être adapté au cas par cas ; par exemple, pour une autoroute, sans doute serait-il plus pertinent de définir le tronçon comme l'élément d'infrastructure compris entre deux entrées/sorties successives (seuls points de contact avec le territoire desservi), et non pas entre deux échangeurs successifs (nœuds de la théorie des graphes).

2.3.2.- De l'échelle de tronçon au point-de-réseau

Importance de flux automobile et échelle de tronçon

Rappelons que c'est le principe des rabattements-éclatements successifs qui est à la base de la notion d'échelle de tronçon ; selon ce principe, tout déplacement peut être décomposé en une série de phases "ascendantes" suivie d'une série de phases "descendantes", le véhicules empruntant des tronçons d'infrastructure de différentes échelles, définies par rapport à un découpage territorial.

Dans le cas d'un découpage territorial préexistant, l'échelle est définie par une mise en rapport entre une hiérarchie de zones territoriales à desservir et une certaine logique de déplacements, résultant d'une forme de compromis

permettant de passer du RPT-VP au réseau technique. Dans cette logique (réseau-tuyau), l'aménageur cherche à irriguer, à desservir un territoire (une surface) de manière fine, plus précisément, avec une finesse adaptée à l'habitat humain (en gros, la taille d'un îlot). Mais il est clair que selon l'échelle (au sens du géographe) à laquelle il travaille, le critère de définition du terme de "desserte" changera : une commune possédant une sortie d'autoroute est considérée comme très bien desservie par le réseau autoroutier (pour le meilleur et pour le pire), alors que son territoire peut par ailleurs comporter des lacunes graves à des niveaux de desserte plus fins (blocs entiers d'habitation non connectés à la voirie¹²² "locale").

Pour mener à bien notre réflexion sur la notion d'échelle, nous avons pris pour base de découpage territorial (à titre d'exemple commode) le découpage administratif. Seulement, ce découpage peut ne pas être pertinent du point de vue des déplacements : il n'y a *a priori* aucune raison pour que le réseau support d'une circonscription territoriale de niveau *i* soit constitué uniquement par des tronçons d'échelle *i*, rabattant l'ensemble des véhicules originaires de cette circonscription (et dont la destination est à l'extérieur) vers une chaîne unique de tronçons d'échelle *i+1*, l'ensemble de ces derniers constituant la trame principale de desserte de la circonscription territoriale de niveau *i+1* et possédant un exutoire d'échelle *i+2*, et ainsi de suite¹²³. En d'autres termes, le

122 Cet exemple peut paraître absurde. Il l'est sans doute dans les pays d'Europe occidentale. Il fait pourtant encore partie de la réalité quotidienne dans certains pays d'Europe de l'Est et d'Europe Centrale.

123 Il est toutefois intéressant de remarquer, comme le montre Philippe Menerault (MENERAULT, P. -*Réseaux de transports et solidarités territoriales en milieu urbain*, Thèse de Doctorat Nouveau Régime, Institut d'Urbanisme de Paris, Université de Paris XII - Val-de-Marne, 1991), que par exemple en France, une politique issue à l'origine des problèmes liés à l'entretien routier a mené, au tout début des années 70, à la définition "d'axes nationaux importants", constituant la trame du réseau de voies nationales. Ce réseau, proche de ce que l'on appellerait en théorie des graphes un réseau saturé (triangulation), connecte entre eux (à peu de choses près) toutes les préfectures des départements français. En d'autres termes, dans une vision simplifiée selon laquelle un département serait considéré comme desservi par une route nationale lorsque son chef-lieu est relié aux départements (donc aux chef-lieux) environnants, nous avons là un exemple d'adéquation presque parfaite entre niveau territorial (le département) et "échelle" de voie, chaque département étant bien irrigué uniquement (ou presque) par des voies départementales (ou de niveau inférieur), les routes nationales ne constituant (*grosso modo*) que des "entrées/sorties" vers d'autres départements. Notons cependant que dans ce cas précis, la définition de l'échelle d'une voie n'est *a priori* pas liée aux niveaux des déplacements qu'elle supporte, mais à une classification conventionnelle fondée sur le découpage territorial administratif : l'adéquation n'est donc pas forcément "fonctionnelle" (encore qu'elle puisse l'être dans la mesure où elle est "encouragée" par la configuration même du réseau national), mais seulement administrative.

découpage administratif en tant que référent ne correspond pas forcément à notre dessein initial qui était de caractériser un tronçon de voie en fonction de la "place" qu'il occupe dans la hiérarchie des rabattements successifs des différents déplacements dont il est le support. En supposant que l'irrigation "idéale" d'une surface au moyen d'un assemblage d'entités linéaires est réalisée par un objet fractal de dimension comprise entre 1 et 2, la notion d'échelle correspond alors au degré d'itération¹²⁴ : sur la **figure 3**, représentant un tel exemple d'irrigation, "l'échelle" d'un élément de voie peut facilement être repérée par son épaisseur. Pour obtenir un tel résultat dans la réalité, il faudrait choisir un découpage territorial lié à la hiérarchie des *flux eux mêmes*... qui - nous l'avons supposé - se structurent conformément à la logique des rabattements successifs. Si l'on suppose par ailleurs que l'infrastructure du réseau viaire est *maillée* (et non pas arborescente, par souci de robustesse), le schéma-type de la configuration de l'infrastructure devrait consister en une imbrication de mailles de différents "niveaux", où pour sortir de l'espace délimité par une maille de niveau *i*, l'automobiliste se rabat sur les voies d'échelle *i+1* qui en constituent les frontières, et ce en empruntant successivement, par ordre croissant, les voies d'échelles 0 à *i* contenues dans cette maille. L'espace géographique pourrait alors être découpé par de telles mailles hiérarchisées.

A ce niveau, on voit pointer un problème de logique : comment parler de hiérarchie ou d'échelle de maille (de voie, de tronçon) sans référence à un découpage territorial préalable ? Il est donc nécessaire de trouver un autre référent, un critère lié uniquement au trafic automobile.

La logique des rabattements successifs suppose que les voies sont d'autant plus rares (en nombre de kilomètres de voies par kilomètre carré) qu'elles occupent un niveau hiérarchique élevé. Cela signifie, sur un territoire où la répartition des *fréquences d'éloignements* entre origines et destinations de déplacements automobiles serait homogène¹²⁵, qu'une unité de longueur de

124 Cf. THIBAUT, S. -*Modélisation morpho-fonctionnelle des réseaux d'assainissement urbain à l'aide du concept de dimension fractale*, Thèse de doctorat d'Etat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon et Université Claude Bernard Lyon I, 1987.

125 Il s'agit évidemment d'un cas théorique, qui n'a de chance d'être valable qu'en deçà d'une certaine valeur (plutôt une fourchette de valeurs) d'éloignement entre l'origine et la destination - valeur liée à l'échelle temporelle choisie (on peut par exemple s'intéresser aux déplacements journaliers domicile-travail) - à partir de laquelle le nombre de déplacements automobiles décroît brusquement.

voie concerne d'autant plus d'automobilistes que cette voie est rare, donc de niveau important. La progression dans la hiérarchie des voies se traduirait alors par une **massification des flux** d'automobiles. En supposant en outre que cette massification s'effectue non pas de manière continue, mais par paliers en nombre relativement restreint¹²⁶ (un peu à l'image des niveaux territoriaux du découpage administratif), l'échelle d'une voie serait reconnaissable au "niveau de flux" qu'elle supporte, sans que l'on ait à s'occuper des origines et destinations. Dans ces conditions, l'échelle d'une voie est sans référence aucune à un quelconque niveau territorial (du genre "voie d'échelle nationale"), mais est liée à sa "position" dans la suite des rabattements/éclatements successifs (bien qu'il puisse éventuellement y avoir - parfois - concordance avec un niveau territorial) : dans ce schéma, c'est l'infrastructure elle-même qui découpe l'espace géographique en circonscriptions de différents niveaux, la circonscription de niveau i étant par définition une maille constituée uniquement par des tronçons d'échelle (en termes de flux) $i+1$ ¹²⁷, et dont la trame viaire principale est formée par des mailles composées exclusivement de tronçons d'échelle i , délimitant des circonscriptions d'échelle¹²⁸ $i-1$, et ainsi de suite¹²⁹.

Sur un plan opératoire, il devrait être possible de repérer les différentes échelles de mailles (ou de tronçons dont elles sont constituées) par simple observation des flux automobiles qu'elles supportent : si le schéma de fonctionnement (peut-on parler de "modèle" ?) que nous venons de proposer - fondé sur la "massification par paliers" - est valable, il devrait y avoir des hiatus

126 résultat du compromis passant du RPT-VP au réseau technique. On notera d'ailleurs que les professionnels du transport routier urbain classent généralement la voirie urbaine en seulement quatre niveaux hiérarchiques (liés au trafic), dont la nomenclature usuelle est la suivante : "**voies de transit**, qui écoulent la circulation générale de transit au niveau de l'ensemble de l'agglomération ; **voies artérielles**, voies importantes, écoulant de gros débits dont la vocation est de relier les différents quartiers de la ville (au contraire des voies de transit qui relient les villes entre elles) ; **voies de distribution**, qui assurent des déplacements internes aux quartiers ; **voies de desserte**, qui permettent l'accès aux habitations et aux diverses activités urbaines à vitesse réduite." (CETUR, AIVF, -Guide général de la voirie urbaine, op.cit. p.8).

127 et marginalement, d'échelle supérieure à i (de même qu'une part des limites d'une commune frontalière est confondue avec la frontière nationale).

128 on peut maintenant parler d'échelle de circonscription territoriale, puisque le référent commun est le flux d'automobiles.

129 Cette vision, proposant un découpage territorial lié aux flux supportés par le réseau, n'est finalement que la traduction d'une conception réseau-tuyau hiérarchisée, où le planificateur cherche à canaliser les flux automobiles et à les rabattre vers des niveaux hiérarchiques de plus en plus élevés (le niveau maximum atteint par un automobiliste étant fonction de la longueur de son déplacement), sur un territoire structuré un peu à la manière des modèles de Lösch et Christaller.

(identifiables plus ou moins facilement) au niveau des flux, une maille d'une échelle donnée devant délimiter un "territoire" irrigué uniquement par des tronçons supportant des flux tous significativement plus faibles que les tronçons composant ladite maille.

L'échelle 0 : une transition entre réseau et territoire desservi

Dans le schéma de fonctionnement proposé, "modèle" qui n'est que théorique et certainement inapplicable en dehors de certaines limites¹³⁰, intéressons-nous uniquement aux zones d'échelle 0 (i.e. ne contenant que des tronçons d'échelle 0), les plus "locales" qui soient. Si l'on part du principe que l'automobile ne sert que *très* marginalement pour des déplacements *très* locaux (déplacements dont l'origine *et* la destination se trouvent à l'intérieur d'une même zone délimitée par des tronçons d'échelle 1), le trafic observé sur chaque tronçon de cette zone devrait être composé presque exclusivement de deux "catégories" de véhicules : ceux qui sont arrivés au terme de leur voyage (cherchant à se garer ou allant vers leur parking privé), et ceux qui viennent juste de démarrer et sont en train de se rabattre vers une voie d'échelle 1 ou plus. On peut alors se demander si, du point de vue de la seule fonction déplacement-automobile, ces zones ne font pas simplement figure "d'embrayeurs de mouvement", zones de transition entre l'arrêt et le mouvement¹³¹, sortes de zones-tampon entre des origines et destinations finales (les îlots) d'un côté, le réseau adapté à l'automobile de l'autre. Par analogie avec les réflexions développées au sein de l'unité prospective de la RATP, ces espaces pourraient être appelés des **points-de-réseau**, bien qu'il s'agisse là d'une extension sans doute un peu abusive d'une notion mise au point pour le transport en commun, enrichie par des considérations relatives aux différents usages d'un tel espace, aux aménagements architecturaux, à la signalétique, etc. Toutefois, dans la seule optique circulatoire, l'analogie semble somme toute raisonnable¹³². Pour s'en

130 Il n'a de sens que dans l'hypothèse où la distribution des fréquences d'éloignements entre l'origine et la destination peut être considérée comme relativement homogène.

131 Le trafic d'une telle zone serait donc un peu analogue à celui observé dans un parking de grand magasin : c'est du déplacement automobile "sans vraiment l'être".

132 Cette adaptation du concept de point-de-réseau à une portion de l'espace géographique délimitée par des axes de rabattement n'est pertinente que pour la voirie traditionnelle : dans le cas des autoroutes, sans doute cette notion pourrait-elle s'appliquer plutôt aux entrées-sorties dont la fonction "embrayeur de mouvement" serait liée aux conditions particulières de circulation sur les bretelles d'accès et de sortie (configuration spatiale de ces dernières, attention accrue de l'automobiliste à cause des priorités...).

convaincre, il peut être intéressant de décomposer un déplacement en transport en commun et un déplacement en voiture particulière :

la toute première phase est la marche à pied : marche jusqu'à l'entrée du point de réseau de transport en commun (la bouche du métro, par exemple), marche jusqu'à l'endroit où est garée la voiture pour l'automobiliste ;

à partir de cette limite, le voyageur commence à être pris en charge par ce que l'on pourrait appeler une logique spécifique du point de réseau : couloirs fléchés, escaliers mécaniques, trottoirs roulants dans l'exemple du métro ; pour la voiture particulière, dédale de petites rues (avec, parfois, réglementation spécifique) aux conditions de circulation particulières (peu de véhicules, mixité d'usages de l'espace de la voie, "vie de rue"...), précédé (éventuellement) d'un parcours plus ou moins long d'accès vers ces rues (en passant par des cours d'immeubles, des passages, des portes cochères, des rampes d'accès aux parkings souterrains, etc.), parcours faisant également partie de cette échelle 0 (il y a continuité entre l'endroit où est stationné le véhicule et l'entrée sur l'axe de rabattement) ; dans les deux cas, il s'agit d'une étape de transition plus ou moins longue mais nécessaire ;

enfin, l'usager des transports en commun parvient jusqu'à la rame de métro adéquate où commence le déplacement proprement dit ; pour l'automobile, cette dernière étape correspond à l'arrivée sur une voie "de bonne échelle" (axe de rabattement, quelle que soit son échelle), adaptée aux exigences de l'automobile (ou plutôt : où la logique de l'usage automobile prend le pas sur d'autres usages, du moins sur une partie de la chaussée)¹³³.

Malgré cette analogie (sans doute un peu facile), il est important de remarquer que cette dernière ne fait intervenir qu'un seul aspect, celui lié au mouvement : par rapport au concept intégral de point-de-réseau, nous perdons, dans cette vision simplifiée, toute la dimension de "rôle" (local ou trans-local), d'espace interne et externe (notions qui n'ont pas de sens dans le cas de la voirie) et de la

133 D'une certaine manière, assimiler à des points-de-réseaux des zones urbaines ne contenant que des tronçons de voirie d'échelle 0, c'est imaginer qu'à l'entrée d'une bouche de métro, l'usager s'assoit dans un petit véhicule individuel l'emmenant, à travers le dédale des couloirs du point de réseau, jusqu'à la rame idoine dans laquelle il se "gare" (à l'image de la voiture empruntant le tunnel sous la Manche) pour en ressortir une fois la rame arrivée à la bonne station, et conduire le passager jusqu'à la sortie du point de réseau. Le développement des trottoirs mécaniques et autres transports hectométriques à l'intérieur de différents points-de-réseau de transport en commun de plus en plus complexes n'est-il pas le précurseur d'une telle vision ?

richesse "d'usages" de ces espaces ; seules demeurent les notions fonctionnelles (par essence, notre "point-de-réseau" a une fonction d'accès au réseau, mais pas de connexion) pour l'analyse structurelle, et la circulation interne pour le "fonctionnement" du point. Il est clair aussi que dans le cas de la circulation automobile urbaine, la notion de rupture de charge est sans objet : d'un bout à l'autre du déplacement, on ne quitte en principe pas son véhicule (là, on se place dans le cas des déplacements urbains, journaliers, sans arrêts sur aires de stationnement ni dans les stations service, ces derniers arrêts obligés étant, dans notre cas, l'exception). La seule "rupture" qui puisse sans doute être mise en évidence, c'est le passage entre une voirie "ultra-locale" aux usages variés et une voirie d'échelle supérieure, dominée par une logique de flux.

L'hypothèse d'une telle dualité, d'un tel saut qualitatif est-elle raisonnable ?

Les tronçons d'échelle 0 : une catégorie de voies "à part"

Nous avons commencé notre réflexion sur la notion d'échelle (qui a abouti à une tentative d'adaptation du concept de point-de-réseau à des aires urbaines) par une citation d'Ildefonso Cerdà ; que penserait cet auteur de l'idée d'une catégorie de voies à part, les fameux tronçons d'échelle 0 ?

*"Les voies urbaines constituent un système ou un réseau qui isole des espaces entre les voies [...]. En chacun de ces espaces isolés par les voies urbaines, existe un petit monde, une petite urbe, ou urbe élémentaire, qui, dans son ensemble et dans ses détails, conserve une analogie admirable avec la grande urbe. Celle-ci n'est, en réalité, qu'un ensemble harmonieusement composé d'urbes élémentaires, liées entre elles par le grand système de voirie urbaine."*¹³⁴

On le voit, Cerdà oppose bien des lieux de repos (espaces isolés qui sont en fait des îlots) aux lieux du mouvement constitués par la voirie urbaine. Du point de vue du piéton, ces derniers forment un système unique, continu d'un bout à l'autre de la chaîne de rabattements. Toutefois, l'usage généralisé du moyen de transport individuel qu'est l'automobile n'a-t-il pas élargi l'emprise spatiale des *urbes élémentaires* de Cerdà ? On peut le penser à la lecture de cet extrait du célèbre rapport Buchanan :

¹³⁴ CERDA, I. -*La théorie générale de l'urbanisation*, op.cit., p. 129

"Il n'y a pas d'autre principe à appliquer en matière de circulation urbaine, qu'il s'agisse d'une ville construite sur un site vierge ou de l'aménagement d'une ville existante. On doit y trouver des zones d'environnement agréables - des "chambres" urbaines - où l'on puisse vivre, travailler, faire des courses, flâner, se promener à pied à l'abri des dangers du trafic automobile ; et, complémentaiement, il doit exister un "réseau routier" - les "couloirs urbains" - assurant la distribution primaire de la circulation vers ces zones d'environnement. Ces zones ne sauraient être exemptes de circulation si l'on veut qu'elles fonctionnent ; mais elles doivent être conçues de telle façon que le volume et la nature de cette circulation soient liés au caractère recherché pour l'environnement. Cette conception aboutit à une ville de structure cellulaire : des zones d'environnement seront enchâssées dans les mailles d'un réseau de routes de distribution primaire. L'idée est simple mais, faute de l'admettre, le problème de la circulation urbaine demeure confus, vague et sans signification globale."¹³⁵

De telles "chambres urbaines", délimitées par des "couloirs urbains" (amalgame de toutes les autres "catégories" de voies) et ne contenant que des voies au statut particulier, correspondent très exactement à notre définition du point-de-réseau. Cette dualité entre voies de desserte (pour reprendre la nomenclature du CETUR) d'un côté et tous les autres types de voies (voies de transit, voies artérielles, voies de distribution) de l'autre, est celle de la typologie proposée par Jean-François Coste¹³⁶, pour qui les voies de desserte, constituant "[...] la trame de base de l'unité de voisinage (3000 habitants)" et étant "réservées uniquement au trafic ayant une extrémité le long de ces voies [...]"¹³⁷ (c'est ce que nous avons appelé voies d'échelle 0), s'opposent à une catégorie unique - les voies de circulation générale (nos axes de rabattement). Ce n'est que dans un deuxième temps qu'il subdivise celles-ci en sous-catégories : les voies rapides (elles-mêmes subdivisées en voies rapides de pénétration et voies rapides de liaison), par exemple le Boulevard périphérique, et les voies de distribution qui "[...] constituent les artères, boulevards et rues principales de nos villes actuelles. Elles permettent les relations entre voies de desserte dont elles collectent le trafic et voies rapides sur lesquelles les accès sont limités. Ces voies sont à l'échelle des quartiers

135 BUCHANAN, C., *-L'automobile dans la ville*, Imprimerie Nationale, Paris, 1965, cité par Françoise Choay, CHOAY, F., *-L'urbanisme, utopies et réalités, une anthologie*, collection Points, Ed. du Seuil, Paris, 1965.

136 COSTE, J.F., *-Les infrastructures de transport*, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Équipement, du Logement et du Tourisme, C.E.T.E. d'Aix en Provence, 1972, pp. 54-60.

137 c'est nous qui soulignons.

(10 000 h) dont elles forment la trame (ex : trame Haussmann à Paris). Ces voies ont les caractéristiques géométriques des artères des grandes villes : leur largeur varie de 25 à 50 m entre façades [...].". La dernière phrase est intéressante : il est *a priori* possible (assez logiquement) de distinguer, sur la base d'un critère simple (la largeur) et parfaitement défini (fourchette de valeurs), les tronçons d'échelle 0 des axes de rabattement.

Par ailleurs, cette séparation en deux catégories correspond au fait que du point de vue des flux (notamment des origines et destinations), seule la première est réellement homogène ; sur les voies de la seconde, il peut y avoir "recouvrement de fonctions" : "[...] une voie artérielle par exemple peut aussi assurer la continuité, dans la traversée d'une agglomération, d'itinéraires de transit, ou la distribution interne à un quartier. [...] Dans un "village rue", la rue principale supporte tous les types de trafic "¹³⁸.

Toujours dans le cadre de ce très bref essai de "bien-fondé *a priori* "¹³⁹ de la pertinence de considérer les voies d'échelle 0 comme un cas à part, il peut être intéressant de rapprocher (bien qu'il s'agisse d'une autre échelle... géographique) cette notion adaptée du point-de-réseau - sorte d'entité indépendante et isolée par rapport à d'autres entités semblables - d'un article de Philippe Ménerault¹⁴⁰, où celui-ci montre qu'alors que les deux niveaux "supérieurs" du réseau routier français forment chacun, *grosso modo*, un réseau correspondant à une échelle territoriale (celui de la voirie classée "nationale" assure les "grandes liaisons" - entre départements, celui des voies "départementales" réalise la connexion des communes entre elles), la voirie communale s'organise en une multitude de petits réseaux très maillés, remplissant les zones délimitées par les deux types de voies précédents, *mais relativement très isolés les uns des autres*. Ainsi, même dans un système d'échelles lié non pas aux flux (comme c'est le cas pour nous) mais à un découpage administratif, la hiérarchisation des voies est bien réelle¹⁴¹ ; par ailleurs - et

138 CETUR, AIVF, -*Guide général de la voirie urbaine*, op.cit., p.8.

139 qui, évidemment, ne nous dispense en rien d'une véritable validation par l'épreuve des faits.

140 MENERAULT, P. - "Contribution à une analyse morphologique des réseaux viaires", in *Flux*, n° 16, avril-juin 1994, pp.49-67

141 Comme l'écrit Philippe Ménerault, si "*la pertinence des classifications basées sur le domaine spatial ou le statut juridique s'estompe sous l'influence du progrès technique, elles n'en restent pas moins une forme de matérialisation des rapports de pouvoirs inscrits dans les réseaux [...]*".

surtout - il semble que dans cette hiérarchie, le niveau de voies le plus faible constitue un cas particulier, présentant certaines analogies avec notre voirie d'échelle 0.

Le dernier point susceptible de confirmer le statut particulier des voies d'échelle 0 concerne le caractère temporel de l'échelle (rappelons que selon la période et le laps de temps étudiés, un tronçon peut changer d'échelle) qui, probablement, ne concerne pas cette échelle 0, seule échelle immuable au cours du temps : que l'on la calcule un premier août, pendant un week-end ou à l'heure de pointe d'un jour ouvrable, que la base temporelle soit l'heure, le jour ou l'année, un tronçon local restera un tronçon local...

2.3.3.- Modèle circulatoire fondé sur la notion de point-de-réseau

L'ensemble des réflexions développées dans cette **section 2.3.** a pour origine un principe de base : le réseau technique (i.e. la voirie comme réseau support, la circulation automobile comme réseau service, la gestion du trafic automobile comme réseau informationnel) ne permettant pas de répondre au réseau des lignes de désir (ni par son tracé, ni par la réglementation et l'aménagement des voies, issus d'un compromis avec d'autres usages), il y a massification des flux liée à des rabattements successifs vers des voies de mieux en mieux adaptées aux déplacements rapides¹⁴². Par ailleurs, les voies occupant le niveau le plus bas de cette hiérarchie des rabattements ont un statut particulier, dans la mesure où, du fait de leur mixité d'usages, elles ne sont que très partiellement adaptées au trafic automobile : leur fonction-déplacement se limite donc à permettre aux véhicules d'accéder aux niveaux du réseau viaire qui leurs sont destinés. Sur la base de ces réflexions, nous proposons un schéma théorique de décomposition du réseau de voirie urbaine en axes de rabattement (voies d'échelle supérieure ou égale à 1), délimitant des points-de-réseau, contenant uniquement des éléments de voirie d'échelle 0.

142 Il est à noter que cette massification des flux est à la fois cause et effet : si une demande forte à se déplacer vite et loin a certainement conduit l'aménageur à privilégier la circulation automobile sur certains axes, c'est aussi du fait d'un aménagement de certaines voies pour l'automobile que cette demande a crû.

Ce "modèle" (le terme est sans doute fort) doit être mis à l'épreuve des faits ; pour cela, des conséquences observables doivent en être tirées, afin de permettre sa confrontation avec un terrain d'analyse concret ; ces conséquences sont au nombre de quatre :

Faible importance des flux à l'intérieur du point-de-réseau

Par définition, les véhicules en mouvement dans un point-de-réseau sont originaires ou destinataires du point de réseau (cela exclut le trafic de transit) ; le trafic sur les voies d'échelle 0 devrait donc être proportionnel à la capacité du point de réseau (nombre de véhicules pouvant y être stockés). Dans des conditions urbaines "normales" (on exclut la présence dans le point de réseau d'un équipement présentant un intérêt à l'échelle de la ville entière, voire de la région), cette capacité est le nombre de véhicules stationnés en bordure des rues, à l'intérieur des îlots, ou dans des parkings ou garages privatifs ou collectifs pour les seuls usagers habituels (i.e. les habitants dans le cas d'un point-de-réseau résidentiel, les employés dans le cas d'un point de réseau générateur d'emplois). La capacité en véhicules par unité de surface d'un tel point-de-réseau devrait donc être relativement faible. Par conséquent, le trafic sur les voies d'échelle 0 devrait l'être également. La **première conséquence** s'énonce donc comme suit : dans le cadre urbain, il doit être possible de délimiter des zones pouvant être considérées comme homogènes par la faible importance du trafic sur l'ensemble des voies qu'elle contient.

Hiatus de flux entre voies-frontières et voies-internes du point-de-réseau

Le modèle proposé est fondé sur la massification par paliers des flux (à l'opposé d'une massification progressive). La **deuxième conséquence** observable est donc la suivante : il existe un hiatus, en termes de flux automobile entre les voies d'échelle 0 et celles d'échelle supérieure ; en d'autres termes, les zones homogènes précédemment décrites sont délimitées par des éléments de voirie (formant une maille) sur lesquels les flux sont significativement plus importants que sur ceux observés à l'intérieur de la zone.

Le point-de-réseau est de dimensions réduites

Dans le modèle proposé, le point-de-réseau est un embrayeur de mouvement ; les déplacements dont l'origine et la destination se trouvent à l'intérieur d'un

même point-de-réseau devraient être marginaux. Cela n'est possible que si les dimensions du point-de-réseau sont suffisamment réduites pour ne pas justifier un usage massif de l'automobile pour des déplacements internes. C'est la **troisième conséquence** observable du modèle : les zones urbaines d'échelle 0 (points-de-réseau) sont, par leurs dimensions, adaptées à la marche à pied. En d'autres termes, les mailles constituées par les voies d'échelle 1 (ou plus) ne devraient pas avoir de dimension supérieure à quelques centaines de mètres.

Les frontières du point-de-réseau sont peu perméables

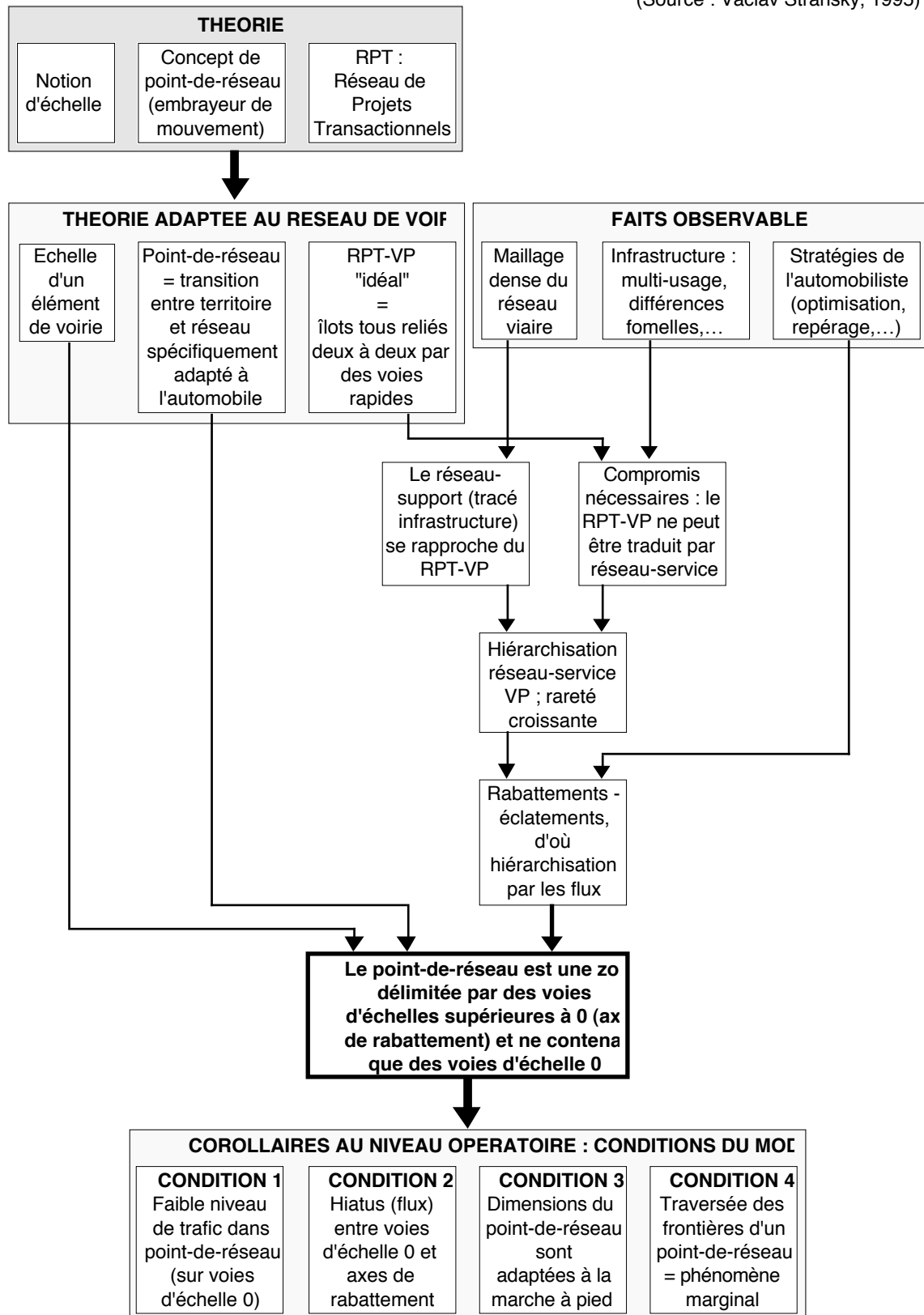
Puisque l'automobile est utilisée pour des déplacements d'échelle au moins égale à 1, c'est-à-dire des déplacements nécessitant au moins un rabattement et un éclatement, l'itinéraire minimum pour un déplacement automobile quelconque devrait se composer d'une chaîne de tronçons d'échelle 0, suivie d'une chaîne de tronçons d'échelle 1, suivie d'une chaîne de tronçons d'échelle 0 : tous les véhicules entrant dans le point-de-réseau devraient être en phase terminale de leur déplacement (leur destination finale étant à l'intérieur dudit point-de-réseau), tous les véhicules sortants devraient être en toute première phase du déplacement, donc en train de se rabattre sur le réseau d'échelle 1 ou plus, pour ne quitter ce dernier qu'à l'arrivée aux frontières du point-de-réseau où se trouve la destination. La **quatrième conséquence** du modèle proposé est donc que la traversée des "axes de rabattement" est un phénomène marginal (inexistant dans le cas idéal). La proportion des véhicules traversant une frontière de point-de-réseau devrait être insignifiante comparativement au nombre de véhicules entrants ou sortants.

Ces quatre propositions (ou "corollaires opératoires") peuvent être considérées comme des conditions nécessaires (devant être vérifiées sur des cas concrets) pour que le modèle du point-de-réseau adapté au cas des déplacements automobiles urbains soit recevable.

L'ensemble du raisonnement ayant abouti à la proposition de ce schéma théorique de fonctionnement de la voirie urbaine est représenté à la **figure 4**.

FIGURE 4**Le modèle du point-de-réseau étendu à la voirie urbaine**

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



CHAPITRE 3.- UN MODELE D'ANALYSE DU POINT-DE-RESEAU

Introduction

Partant des éléments théoriques développés précédemment, issus de la psychologie du comportement appliquée au cas du conducteur (chapitre 1) et de la théorie des réseaux (chapitre 2), nous nous proposons maintenant d'échafauder notre modèle d'analyse. En d'autres termes, il s'agit de réutiliser¹⁴³ ces éléments (résultats aussi bien théoriques que pratiques) pour établir une grille d'analyse pertinente d'une réalité observée - la circulation automobile urbaine.

Dans ce modèle, les statuts respectifs des théories présentées sont différents :

- la théorie des réseaux servira avant tout à délimiter un objet d'étude pertinent eu égard à la question posée, donc à choisir un corpus d'analyse pour lequel cette question a un sens : ce corpus d'analyse est le point-de-réseau ;

- les théories du comportement orienteront le choix d'éléments de l'environnement visuel à prendre en compte, mais également celui des limites spatiales du tronçon, portion élémentaire de voirie urbaine.

Si le travail de Yarob Badr est pour nous d'un grand intérêt dans la mesure où son "cadre théorique intégral du comportement" peut être repris, dans ses grandes lignes, comme fondement de notre propre modèle d'analyse, un travail d'adaptation important devra être effectué, le comportement individuel de l'automobiliste ne constituant qu'une *étape* de notre démarche dont l'objectif est de décrire de tels tronçons, considérés comme unités d'analyse pertinentes et indivisibles, par des caractéristiques globales "fonctionnelles" (liées aux flux automobiles) et "morphologiques" (définies à partir des éléments de l'environnement visuel sélectionnés sur la base des modèles de comportement), afin de tester l'influence des secondes sur les premières.

143 Pour ce qui est des théories du comportement du conducteur, cette réutilisation (après adaptation) est à considérer comme une insertion dans la continuité du travail entrepris par Y. Badr : "*Par-delà l'utilité propre du cadre théorique intégral du comportement, adopté comme un paradigme conceptuel pour l'analyse des vitesses pratiquées dans les petites agglomérations, ce cadre théorique est proposé à la communauté des chercheurs pour une discussion ultérieure. Son application à d'autres cas pourrait être envisagée [...]* " (BADR, Y. p. 348) ; c'est nous qui soulignons.

Le présent chapitre est organisé comme suit : après avoir délimité un domaine d'application pertinent et précisé l'hypothèse fondamentale de ce travail, nous proposons une méthode d'agrégation des comportements individuels en comportements "moyens" (description fonctionnelle moyenne du tronçon), suivie d'une "sélection raisonnée" de caractéristiques formelles significantes (description morphologique moyenne du tronçon).

3.1.- Délimitation spatiale d'un domaine d'application : le tronçon

La notion de délimitation comprend deux volets : la délimitation d'un terrain d'étude pertinent eu égard à la question posée, et la délimitation spatiale de l'entité élémentaire (portion de rue) qui est ensuite décrite par des variables, puis analysée.

Pour le premier volet, on utilise des notions issues de la théorie des réseaux développées au chapitre 2 ; pour le second, il est fait appel essentiellement à des éléments empruntés à certains des modèles de comportement évoqués au chapitre 1.

3.1.1.- Délimitation d'un corpus d'analyse pertinent

De prime abord, les éléments de la théorie des réseaux présentés au chapitre précédent peuvent sembler sans rapport avec l'étude de liens entre forme et fonction de voies urbaines. En fait, le chapitre 2 constitue une étape théorique nécessaire à la bonne délimitation d'un objet d'analyse : s'il est clair qu'une autoroute et une venelle d'un centre urbain historique ne sont pas à mettre sur un même plan, n'y-a-t'il pas lieu, au sein d'une même ville, de distinguer plusieurs catégories de voies, régies par des logiques à tel point différentes que toute comparaison entre voies n'appartenant pas à la même catégorie serait d'emblée vouée à l'échec ?

Ce sont ces différences que nous avons tenté d'explicitier à travers l'établissement pas à pas du modèle de point-de-réseau adapté à la voirie urbaine, dont l'intérêt est justement de permettre d'identifier une catégorie

spécifique de voies (voies d'échelle 0), pouvant être considérée comme fonctionnellement homogène (du seul point de vue qui nous intéresse dans cette thèse - la circulation automobile), et donc à l'intérieur de laquelle des comparaisons sont possibles.

L'idée de recourir au point-de-réseau tient au fait que par définition, il s'agit d'un concept à cheval entre le réseau et le territoire urbain¹⁴⁴. Ce concept semblait adapté à notre question dans la mesure où cette dernière n'est pertinente que dans le cas où les deux logiques, réticulaire et territoriale, s'affrontent : dès que la première prend le dessus (cas de figure d'une infrastructure dont au moins une partie de l'espace qu'elle occupe est conçue spécialement pour la circulation automobile à l'exclusion de tout autre usage), les caractéristiques du flux sont déterminées par la seule demande de déplacement, la capacité du réseau-support et la régulation assurée par le réseau-informationnel (la réglementation, entre autres). Sur ce point, les nombreux modèles de trafic existants (testés avec succès sur un grand nombre de cas réels) sont unanimes : en cas de trafic dense notamment, la vitesse est déterminée de manière presque parfaite par la concentration de véhicules¹⁴⁵. Les axes de rabattement (d'échelle 1 ou plus) du modèle établi au chapitre 2 désignent ces voies "extra-territoriales", sur lesquelles les lois régissant l'écoulement du trafic peuvent être considérées, à quelques précautions

144 Par le biais de ce concept, nous nous insérons dans une problématique de "l'interface" entre un système (ici un système de déplacement) et un environnement territorial.

145 La *relation fondamentale* des modèles de trafic macroscopiques s'écrit $q(x,t)=u(x,t).k(x,t)$, où $q(x,t)$, $u(x,t)$ et $k(x,t)$ désignent respectivement le débit, la vitesse et la concentration du flot de véhicules au point x et à l'instant t . En supposant le trafic homogène et stationnaire (i.e. que les trois variables varient peu autour de leurs moyennes respectives q , u et k), on pose l'*hypothèse du diagramme fondamental*, qui s'écrit $u=u(k)$, et traduit le fait que la vitesse moyenne u est une fonction monotone décroissante de la concentration moyenne k du flot de véhicules : à faible concentration, on observe une vitesse moyenne du flot généralement élevée (vitesse libre), et, à l'inverse, lorsque la concentration augmente, les interactions entre véhicules deviennent plus importantes (interactions pouvant être analysées par des *lois de poursuite* de certains modèles microscopiques de trafic) et la vitesse moyenne u du flot diminue, ce qui permet de construire le *diagramme fondamental*, courbe dans l'espace tridimensionnel défini par les trois variables, visualisée généralement par ses trois projections dans les plans (u,k) , (u,q) et (k,q) . C'est dans la partie du diagramme correspondant aux concentrations fortes (donc aux vitesses faibles) que les données expérimentales recueillies sur la chaussée s'alignent de manière presque parfaite selon une courbe : le réel est donc en adéquation presque parfaite avec la théorie (le diagramme fondamental), ou en d'autres termes, la vitesse est presque entièrement déterminée par la concentration. Le lecteur intéressé par ces questions pourra se référer à l'ouvrage de COHEN, S. -*Ingénierie du trafic routier, éléments de théorie du trafic et applications*, op. cit. pp. 13-28 (pour le diagramme fondamental) et pp. 51-61 (pour les lois de poursuite).

méthodologiques près, comme connues. Il est clair que sur de telles voies, où la logique du déplacement prime, il serait absurde d'étudier l'interaction ("frottements") entre des flux automobiles et le territoire traversé, puisque justement tout est fait pour que cette interaction soit inexistante ! Ainsi, à condition que ce modèle puisse être validé, la délimitation spatiale d'un point-de-réseau comme zone ne contenant que des tronçons d'échelle 0 constitue ni plus ni moins une *délimitation d'un terrain d'analyse pertinent au regard de notre questionnement* : en effet, par nature même de l'objet d'étude (éléments de réseau d'échelle 0), le choix de la vitesse pratiquée par l'automobiliste n'est *a priori* dicté ni par les interactions entre véhicules (concentrations faibles), ni par des différences liées aux performances mécaniques des véhicules (comme ça peut être le cas sur les autoroutes, où pour des concentrations faibles, la dispersion des vitesses est forte), puisque nous sommes en milieu urbain (niveaux de vitesses peu élevés) ; de ce fait, on peut raisonnablement penser que le comportement de l'automobiliste sera - sinon déterminé - du moins influencé (mais dans quelle mesure ?) par l'environnement visuel de ce dernier.

Pour terminer cette définition d'un domaine d'application pertinent, précisons que pour des raisons d'ordre pratique, nous limitons ce travail aux seules voies d'échelle 0 *publiques* (rues), bien qu'à l'intérieur d'un point-de-réseau il n'y ait pas de différence qualitative entre un déplacement dans un parking souterrain (ou à l'intérieur d'un îlot, ou encore sur une voie privée) et un déplacement dans une rue (dans les deux cas, il s'agit du même déplacement d'échelle 0, dont une extrémité est la place de parking et l'autre un axe de rabattement) ; seulement, pour le premier cas, nous risquons de ne trouver aucune donnée sur la vitesse des véhicules, élément indispensable pour caractériser "fonctionnellement" le tronçon.

3.1.2.- Délimitation spatiale de l'unité élémentaire d'analyse

Notre travail interroge la vitesse de transmission des flux automobiles sur la voirie urbaine d'échelle 0 ; les modèles de comportement du conducteur (cf. chapitre 1) étant pour la plupart bâtis autour de la notion de vitesse, ils nous fournissent un cadre d'analyse *ad hoc*.

Cependant, un travail de délimitation précise de l'unité d'analyse pertinente que nous appelons *tronçon* constitue un préalable indispensable à l'application d'un modèle tel que celui de Gibson et Crooks.

En lecture planaire (vue en plan), la notion de délimitation peut être décomposée en "délimitation latérale" et en "délimitation longitudinale"¹⁴⁶ ; précisons cela.

Délimitation latérale : le "tuyau territorialisé"

Notre travail porte sur la voirie d'échelle 0, constituant une catégorie à part, fortement territorialisée (par opposition aux voies d'échelles supérieures, totalement ou partiellement extraterritoriales) : bien que l'on s'intéresse avant tout à l'aspect circulaire de la voirie et donc à l'espace utilisable par les automobiles - point de vue qui nous amène, assez paradoxalement, à considérer un élément de voie d'échelle 0 comme un "tuyau" -, il est clair que ce dernier ne peut être réduit à la seule chaussée. Une rue, c'est un élément de réseau, mais c'est aussi un espace urbain ; comme au sein d'un point-de-réseau (tel que défini précédemment), la logique circulaire est censée ne pas être prépondérante, la limite¹⁴⁷ entre espace urbain et espace de la voirie est floue, et parler de morphologie du réseau (ou plutôt d'éléments de réseau) n'a de sens qu'en parlant aussi de morphologie de l'espace urbain.

Cela étant dit, la question d'une délimitation latérale opératoire d'un élément de réseau d'échelle 0 reste entière : un tronçon de voirie urbaine est un objet complexe constitué non seulement par la chaussée proprement dite (le "tuyau" où s'effectue le déplacement), mais également par *certaines éléments* de son "environnement immédiat", et dont la définition précise relèverait des usages, ou plutôt des rapports de force entre les différents usages, parmi lesquels la

146 La délimitation dans la troisième dimension - verticale - est évidente : le sol (surface de roulement) en bas, pas de limite physique en haut... du moins dans le cas des voies à ciel ouvert (sinon, plafond du parking, le cas échéant).

147 La question des "frontières du réseau" est complexe. Elle est à la fois "d'ordre quantitatif - jusqu'où va le réseau ? [...] - et d'ordre qualitatif : quelle est la nature et la gestion des frontières, aux plans juridiques, économique, technique, architectural, et symbolique ?" (AMAR, G. - "Essai de modélisation conceptuelle d'un réseau de circulation", in *Réseaux territoriaux*, publié sous la direction de Gabriel Dupuy, Paradigme, Caen, 1988, pp. 251-262). Dans le cas qui nous occupe, il s'agit surtout de délimitation quantitative.

circulation ne constitue qu'une composante¹⁴⁸. Spatialement parlant, où placer la limite entre la "part de territoire" entrant dans la définition du tronçon et celle faisant partie de l'environnement de ce dernier, dont nous ne tenons pas compte ? Cette limite sera forcément arbitraire dans la mesure où l'on peut toujours la repousser "un peu plus loin"... en proposant une justification.

Nous pouvons toutefois essayer de nous appuyer sur des travaux existants, du moins pour une partie des voies d'échelle 0, les *rues* (pour des raisons pratiques, on laisse de côté - on l'a vu - les voies d'échelle 0 "en amont" de ces dernières, notamment les accès depuis des parkings souterrains ou situés à l'intérieur d'îlots) : puisque, dans notre modèle, espace du réseau d'échelle 0 et espace urbain sont intimement liés, et que par ailleurs, nous nous intéressons à la morphologie d'éléments de réseau, le recours aux travaux de chercheurs ayant étudié les formes de l'espace urbain semble pertinent. Pour certains d'entre eux, que nous regroupons sous une dénomination commune - les "typo-morphologues" (Philippe Panerai, Pierre Pinon, Bernard Huet...)¹⁴⁹ - , la *rue* apparaît comme une entité indissociable, incluant la totalité de l'espace de la chaussée, des trottoirs et des parcelles de part et d'autre (avec tout leur "contenu" en termes d'activités, de fonctions, d'histoire, etc.), qui ne peut être étudiée que comme un tout. Similairement, pour Serge Bonadonna¹⁵⁰, les "vides" de l'espace urbain (dont la voirie fait partie) s'arrêtent à la "croûte" des façades de bâtiments : de fait, cette vision se rapproche de celle des typo-morphologues si l'on suppose que les parcelles et leur contenu (au sens large) sont, du moins partiellement, "lisibles" dans la façade.

Nous inspirant de ces travaux, la délimitation latérale du tronçon d'échelle 0 correspondra *grosso modo* à celle de la rue des typo-morphologues : spatialement, il s'agit de l'espace de façade à façade ; de par les usages (donc

148 A propos de la multiplicité des "fonctions" de la voirie urbaine, cf. par exemple DELIGNY, J.-L. ; GRESSIER, C. -*Mieux se déplacer dans votre ville*, Editions du Moniteur, Paris, 1978.

149 Parmi les références bibliographiques, nous ne citerons ici qu'un ouvrage : PANERAI, P. ; DEPAULE, J.-C. ; DEMORGON, M. ; VEYRENCHÉ, M. -*Éléments d'analyse urbaine*, AAM, Bruxelles, 1980
et un article :
DEVILLERS, Ch. - "Typologie de l'habitat et morphologie urbaine", in *AA (l'Architecture d'Aujourd'hui)*, n° 174, Juillet-Août 1974, pp. 18 - 22.

150 BONADONNA, S. -*Formes urbaines : des lois de formation à l'adaptabilité*, op.cit.

accessoirement pour nous), cette délimitation inclut en outre les deux rangées de parcelles bordant cet espace.

Malgré ce (très bref !) renvoi à certains acquis en matière d'analyse de l'espace urbain, cette délimitation peut paraître artificielle... ce qui, en définitive, n'est pas gênant : l'important, c'est qu'elle soit homogène. Elle permet de définir sans ambiguïtés un tronçon comme un espace, pouvant être caractérisé comme tel, notamment par sa *forme*... notion complexe qui fera l'objet d'un développement ultérieur.

Délimitation longitudinale : notion de "point-à-risque"

Compte tenu de notre référent conceptuel - "le cadre théorique intégral du comportement" de Badr - la délimitation spatiale d'un objet d'étude pertinent doit être fondée sur le comportement individuel hiérarchisé : idéalement, cet objet serait une portion de voie sur laquelle la tâche de conduite de l'automobiliste qui la parcourt ne solliciterait que des niveaux bas de la conscience de ce dernier ou, en d'autres termes, sur laquelle la tâche de conduite ne ferait intervenir que le mode de l'habileté du conducteur, correspondant au niveau où la vitesse pratiquée est l'indicateur par excellence de comportement (cf. chapitre 1).

Rappelons que, pour le conducteur expérimenté circulant en "terrain connu" (où les niveaux de conscience correspondant aux tâches de la navigation ne sont pas requis), seules les manœuvres du type *guidance* sont susceptibles de solliciter des niveaux de conscience plus élevés, et donc de faire sortir le conducteur du cadre des tâches régies par des automatismes. En bonne logique, il faudrait par conséquent limiter le champ d'application du modèle de Gibson et Crooks - référent théorique d'analyse du niveau de contrôle - aux seules portions de l'itinéraire **exemptes** de tels "imprévus".

A priori, cela paraît impossible : par définition même, on ne peut pas connaître d'avance les points de l'itinéraire où "l'imprévu" surviendra. En revanche, il est possible de bâtir un raisonnement fondé sur les probabilités : en certains endroits, le risque de voir surgir un obstacle, nécessitant une action d'évitement consciente et délibérée de la part du conducteur, est élevé ; en d'autres endroits,

il est faible. Ainsi, par bonne visibilité, sur une portion de voie rectiligne sans trottoirs, vide de véhicules et de piétons et bordée par deux murs lisses, le risque est quasiment nul ; si la délimitation latérale est constituée par des immeubles (possédant des entrées, des portes cochères d'où *peut* à tout moment déboucher un véhicule) et si des piétons circulent sur les trottoirs, le risque potentiel d'un imprévu est déjà plus élevé ; à un carrefour complexe caractérisé par une mauvaise visibilité, le risque est important.

Cet exemple suggérerait un passage continu entre un risque faible et un risque élevé. Toutefois, nous postulons qu'il existe un seuil à partir duquel le danger potentiel lié à un lieu est tel que l'automobiliste "prend conscience" du risque. En définitive, cela revient à postuler qu'un itinéraire est rythmé par des **"points-à-risque"** très localisés (donc de dimensions réduites, qui les rendent réellement assimilables à des "points"... à l'échelle du déplacement), où la probabilité d'événements imprévus est telle que le conducteur est amené à accroître consciemment sa vigilance¹⁵¹.

Définition du tronçon

A partir des éléments développés ci-avant, il est désormais possible de redéfinir¹⁵² le tronçon d'échelle 0, unité élémentaire d'analyse pour ce travail.

Le tronçon est l'unité spatiale où la probabilité pour que la tâche de conduite fasse intervenir d'autres niveaux de conscience que celui des automatismes du type sensori-moteur est faible ; le parcours en automobile d'un tronçon est de ce fait exécuté par le conducteur avec le seul mode d'habileté.

Les limites du tronçon dans le sens longitudinal sont donc des points particuliers caractérisés par des probabilités "élevées" d'apparition imprévisible

151 Cette notion de point-à-risque pourrait être rapprochée de celle du *point* de la trilogie itinéraire/section/point de Dominique Fleury (FLEURY, D. -*Ce que l'on pourrait dire sur la lisibilité de la route à partir des études diagnostic*, op.cit.).

Par ailleurs, la notion "d'itinéraire rythmé" n'est pas sans rappeler le découpage en *séquences*, suggéré par le CETUR pour structurer l'espace des voies urbaines, dans un ouvrage issu de l'expérience "*Ville plus sûre, quartiers sans accidents*" (CETUR, -*Savoir-faire et techniques*, Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de la Mer - CETUR, Bagnaux, 1990)... à cette différence près que dans notre cas, il s'agit d'un découpage supposé existant.

152 "redéfinir", car n'oublions pas qu'une première définition provisoire a été proposée au chapitre 2, lors du développement de la notion d'échelle de voie : il s'agissait alors d'un arc du graphe associé au réseau viaire.

d'obstacles, des "points-à-risque" caractérisés par une dangerosité potentielle telle que l'automobiliste prend conscience du risque. Dans le cadre théorique global du comportement, ce phénomène correspond au passage de la tâche de conduite du niveau de base (de contrôle) au niveau tactique ("éveil" de la conscience du conducteur), c'est-à-dire à la sortie du domaine d'analyse du modèle de Gibson et Crooks. Evidemment, cette délimitation longitudinale pose la question d'une explicitation de critères objectifs et observables permettant d'identifier ces fameux "points-à-risque" ; cette question sera abordée en détail dans la partie 2 de ce mémoire.

Latéralement, le tronçon est défini comme l'espace compris entre les deux rangées de façades (n'oublions pas que nous sommes en milieu urbain) bordant la chaussée ; de par les usages, cette délimitation inclut partiellement les deux rangées de parcelles bordant cet espace, la définition "territoriale" de la voirie d'échelle 0 - élargissant les limites latérales aux parcelles environnantes - n'étant en rien en contradiction avec le cadre théorique des modèles comportementaux : d'une certaine manière, les façades sur rue traduisent l'usage des parcelles qu'elles délimitent ; il est normal qu'il soit tenu compte de cet usage, celui-ci étant en partie perçu par le conducteur sous forme de "message visuel" transmis par les façades. Or il est clair qu'à condition d'être à double-sens de circulation, ce message visuel est différent selon le sens de parcours : un découpage d'un tronçon double-sens en deux "tronçons-sens" est de ce fait nécessaire¹⁵³. Dans la suite du développement, chaque fois que nous parlerons d'un tronçon, il s'agira en fait du tronçon-sens : **le tronçon est donc orienté.**

3.2.- Forme et fonction du tronçon - hypothèse fondamentale

L'objet d'analyse étant défini, il est temps de revenir sur la question de départ, qui peut maintenant être reformulée en fonction du cadre conceptuel choisi ; il s'agit également de vérifier si cette nouvelle formulation est pertinente compte tenu de l'état des connaissances au sein de ce cadre théorique ; enfin, à la

153 Dans le cas d'un tronçon à sens unique, la question ne se pose évidemment pas, tronçon et tronçon-sens étant confondus.

lumière de cette reformulation, des options méthodologiques doivent être proposées.

3.2.1.- Retour à la question initiale : fonctionnement du point-de-réseau

Notre objet d'étude est le point-de-réseau ; celui-ci - on l'a vu au chapitre 2 - peut être analysé sous les angles structurel et fonctionnel.

La description structurelle est simple : par construction, son rôle n'est que local ("embrayeur de mouvement"), et la distinction espace interne/espace externe est sans objet : l'espace du point-de-réseau *est* l'espace urbain. Par rapport au concept du point-de-réseau tel que défini par l'unité prospective de la RATP, nous laissons complètement de côté la question de l'opérateur (gestion de la voirie, par exemple), ainsi que celle des différents usages.

L'analyse fonctionnelle du point-de-réseau - le comportement des usagers - est lui aussi considéré sous une forme appauvrie, dans une optique purement circulatoire : en particulier, nous n'abordons pas la dimension des "services offerts". Dans notre optique, les usagers se réduisent à des automobilistes en phase initiale ou finale de leur déplacement.

C'est l'analyse de ce fonctionnement-circulation du point-de-réseau qui rejoint en fait notre question initiale. Cette question, nous pouvons maintenant la reposer à la lumière du champ conceptuel de la théorie des réseaux :

Comment les caractéristiques morphologiques d'un élément du réseau-support à l'intérieur d'un point-de-réseau influent-elles sur les caractéristiques spatio-temporelles de transmission de flux automobile du segment de réseau-service correspondant ?

ou plus simplement :

Comment les caractéristiques formelles d'un tronçon de réseau viaire d'échelle 0 influent-elles sur certaines caractéristiques spatio-temporelles de transfert des flux affectées à ce tronçon ?

3.2.2.- Une question pertinente dans le cadre conceptuel choisi ?

Si la théorie territoriale des réseaux (chapitre 2) offre un certain nombre de concepts utiles à une bonne délimitation d'un objet d'étude pertinent vis-à-vis

de la question posée, le bref aperçu¹⁵⁴ des méthodes d'analyse de la forme des réseaux présenté en annexe 1 nous amène à conclure que ces dernières ne permettent pas d'aborder le problème des interactions "physiques" entre l'infrastructure de réseau (on pourrait dire "l'espace du réseau proprement dit") et l'espace qu'elles traversent. Sans doute cette incapacité tient-elle en grande partie à un décalage entre l'objet de la question posée (un élément de réseau) et l'échelle d'analyse de ces méthodes, dont la finalité est la description quantitative d'un réseau ou d'un sous-réseau pris dans son ensemble, donc d'en donner une vision (simplifiée) globale¹⁵⁵.

Quoiqu'il en soit, il semble bien que dans ce cadre théorique, la question n'ait pas encore été abordée. Notre démarche peut, de ce point de vue, être assimilée à celle engagée il y a quelques années par l'Unité prospective de la RATP qui, après avoir testé la théorie des graphes pour l'étude de ses réseaux (en utilisant notamment les différents aspects de l'accessibilité nodale) et mesuré les limites de cette théorie, a proposé de nouvelles orientations (tout en continuant dans l'exploration des possibilités offertes par la théorie des graphes) afin d'enrichir la description macroscopique du réseau par une description microscopique¹⁵⁶. Pour cela, elle a élaboré le modèle du point-de-réseau, qui est une sorte de "zoom" sur ce qui jusqu'alors était considéré comme un point au sens mathématique du terme : le nœud. Evidemment, un tel zoom requiert le recours

154 bref, mais néanmoins assez complet : théorie des fractales, théorie des graphes et théorie de la percolation sont à l'heure actuelle les seuls outils permettant une analyse quantitative de la forme d'un réseau-support.

155 Ainsi, la problématique des interactions entre forme globale d'un réseau et flux qui le traversent peut effectivement être abordée par ces méthodes d'analyse, mais dans une optique totalement différente de la nôtre. Ainsi, Serge Thibault, par exemple, étudie le rapport entre un comportement global des fluides et la forme globale du réseau ; la "meilleure" configuration spatiale pour drainer une surface arrosée par la pluie, c'est-à-dire évacuer de la matière (un liquide) uniformément répartie sur une surface (espace de dimension 2) par un exutoire-tuyau (espace de dimension 1), serait un espace de dimension "intermédiaire" - une fractale de dimension comprise entre 1 et 2. (THIBAUT, S. - *Modélisation morpho-fonctionnelle des réseaux d'assainissement urbain à l'aide du concept de dimension fractale*, op. cit.)

156 "La description **macroscopique** voit le réseau comme une machine à traiter (stocker, accélérer, distribuer, connecter...) des flux, flux de particules ou d'individus a priori anonymes et indiscernables ; alors que la description **microscopique** considère les individus comme "uniques", non réductibles à des éléments de flux, et le réseau comme un ensemble (ou un lieu) d'interactions inter-individuelles. Il semble bien que si, pendant longtemps, les gestionnaires et aménageurs ont pu négliger la dimension "micro", cette dernière tend au contraire à jouer désormais un rôle majeur (ex. des phénomènes d'insécurité). Il est clair que le réseau est **à la fois** "macro" et "micro", et que le problème est celui de l'articulation de ces deux niveaux " (AMAR, G. - "Essai de modélisation conceptuelle d'un réseau de circulation", art.cit., p.255).

à d'autres disciplines : le passage d'une dimension à trois amène des problématiques nouvelles - d'espace, de territoire, de lieu - d'où la nécessité de faire appel à des méthodes d'analyse issues de l'architecture, de la sociologie, de l'ergonomie...

Que l'Unité prospective de la RATP se soit focalisée sur le nœud (du graphe associé au réseau) est logique... tout au moins dans le cas de transports en commun dont les "arcs" peuvent être considérés comme extra-territoriaux (le métro, par exemple) : le nœud est alors l'unique contact entre le réseau et le territoire¹⁵⁷. Mais lorsque l'infrastructure dans sa globalité (nœuds et arcs) est indissociable du territoire qu'elle dessert tout en contribuant à le définir, un zoom analogue sur les arcs¹⁵⁸ semble de mise : le contact entre le réseau viaire d'échelle 0 et le territoire ne se fait plus par l'intermédiaire d'un nombre discret de points, mais par la totalité de son tracé.

C'est pour cette raison que dans les limites définies par le concept de point-de-réseau adapté à la voirie urbaine, la question de l'articulation et des "interférences" entre un lieu et un mouvement semble pertinente.

3.2.3.- Options méthodologiques : choix d'une approche

Pour répondre à la question posée, la méthode choisie consiste à décomposer le point-de-réseau en tronçons d'échelle 0 conformément aux exigences du référent théorique des modèles de comportement, avant d'étudier l'influence de sa "forme" sur sa "fonction".

157 Un certain nombre de travaux de recherche explorant l'articulation entre le réseau de la RATP et la ville par l'intermédiaire des stations (points-de-réseaux) a déjà été mené. L'un des plus récents débouche sur un modèle qui, à partir d'un grand nombre de variables explicatives "environnementales" relatives au territoire desservi par un point-de-réseau (variables d'entrée), permet de prévoir l'usage (en nombre de voyageurs) de ce point. (PAPAYANNAKIS, A. - *Autour d'un point du réseau ferroviaire parisien : Un modèle d'explication et de prédiction du trafic journalier des stations et des gares de la RATP. Une classification hiérarchique des points du réseau*, Thèse de doctorat, Institut National Agronomique - RATP, Paris, 1994).

158 Nous devrions plutôt parler de "tronçons", dont la délimitation - bien que s'inscrivant dans une démarche fonctionnelle macroscopique - tente justement de traduire le caractère indissociable, à l'intérieur du point-de-réseau, d'éléments de réseau (on pourrait dire sous-réseau) et d'éléments territoriaux.

Ces deux notions feront l'objet d'un développement détaillé dans les paragraphes suivants, mais notons dès à présent que si l'on se réfère une fois de plus aux travaux prenant la typo-morphologie pour base théorique¹⁵⁹, la forme peut être déclinée en trois composantes : la dimension, la géométrie, la topologie. Partant de là, notre idée est d'éclater ces trois composantes en **variables morphologiques**, destinées à caractériser complètement la forme du tronçon. Mais il est clair que, quel que soit le nombre de variables retenues, cette caractérisation ne pourra être que partielle et simplificatrice, donc ne rendra compte que d'un nombre limité d'aspects de la réalité que nous cherchons à cerner.

De même, le tronçon peut être caractérisé par des **variables fonctionnelles**. Compte tenu de notre approche fondée exclusivement sur la circulation automobile et de la question que nous nous posons, la variable par excellence sera la vitesse de transmission des flux par le tronçon. Cette dernière sera censée traduire de manière satisfaisante la fonction du tronçon¹⁶⁰.

Cette démarche, consistant à construire de telles variables, fait appel à trois présupposés qu'il convient d'explicitier :

- Présupposés sur la pertinence d'une démarche "analytique" visant à décomposer aussi bien la morphologie que la fonction-déplacement du réseau en plusieurs "aspects" relativement indépendants et traduisant à eux seuls ces deux notions de façon "acceptable".

159 "La méthode employée s'appuie largement sur celles développées par Alain Borie, Pierre Micheloni et Pierre Pinon [BORIE, A. ; MICHELONI, P. ; PINON, P. -*Formes urbaines et sites de méandres*, op.cit] qui ont jeté des bases méthodologiques très précises pour l'analyse des formes architecturales et urbaines, à partir de recherches sur les relations entre le site géographique et les formes construites, et surtout dans une importante étude sur la notion de déformation." (LEGENDRE d'ANFRAY, P. ; SANDER, A. -*Points de réseaux et formes urbaines, une analyse de la correspondance*, RATP - Réseau 2000, GDR "Réseaux", CNRS, IPRAUS dev., 1993). L'objet de ce type d'études est "d'explicitier les rapports entre tous les éléments formels qu'elle [l'analyse morphologique] décrit, et donc de mettre en évidence les structures qui assurent la cohérence de ces éléments" (BORIE, A. ; MICHELONI, P. ; PINON, P. *Forme et déformation des objets architecturaux et urbains*, op.cit., p.193.)

160 Cette optique selon laquelle la fonction d'un tronçon se réduit au déplacement des véhicules est évidemment partielle et discutable. Elle donne une orientation spécifique à l'ensemble de ce travail. Si nous avions choisi, par exemple, de postuler que la fonction principale des tronçons contenus dans le point de réseau est de stocker des véhicules (donc de servir de parking), l'étude aurait été menée différemment : à la limite, les déplacements observés auraient été considérés comme un phénomène (donc une ou des variables) "parasite", un "mal nécessaire" pour accéder à une place de parking.

- Présupposés sur la manière de considérer les flux d'automobiles, assimilés à des "charges" pouvant être affectées à un tronçon. D'une certaine manière, cette vision suppose possible l'analogie du trafic automobile avec des fluides (donc agrégation des "particules-véhicules" composant le flux), point de vue évidemment critiquable¹⁶¹. Sans doute cette difficulté pourra-t-elle être contournée en ne s'intéressant qu'aux régimes stationnaires, et non pas aux cas "pathologiques".

- Présupposés, enfin, en matière d'existence de "règles comportementales" : les "particules-véhicules" sont supposées se déplacer conformément à des règles (un peu comme des particules de fluide, qui obéissent aux lois de la physique), selon des "logiques" pouvant être observées et analysées¹⁶².

Pour conclure, et avant d'aborder la phase de construction et du choix de variables pertinentes, on peut dire qu'en définitive, le travail entrepris consiste en une analyse morpho-fonctionnelle d'un point-de-réseau, abordée sous l'angle des éventuelles influences de la morphologie sur la fonction des tronçons qu'il contient¹⁶³, par une mise en correspondance entre deux types de variables : variables morphologiques et variables fonctionnelles.

C'est cette question de la **sous-détermination des variables fonctionnelles d'un élément de réseau par ses variables morphologiques** (une "morphologie" donnée ne permet qu'une plage limitée de vitesses de transmission des flux) à l'intérieur d'un point de réseau qui constitue l'hypothèse centrale de notre recherche.

161 Cf. la critique de François Barbier-Saint-Hilaire (BARBIER-SAINT-HILAIRE, F. - "La prévision du trafic en milieu urbain... ou comment le micro-ordinateur remplace la boule de cristal" in *RTS, INRETS*, n° 27, septembre 1990, pp. 69 - 73), qui soulève deux objections à cette analogie : premièrement, la taille de la "particule-véhicule", qui est du même ordre de grandeur que la largeur du "tuyau-tronçon" ; deuxièmement, un comportement "pathologique" d'une seule "particule-véhicule" peut engendrer des effets catastrophiques pour l'ensemble du réseau.

162 Nous nous plaçons donc délibérément dans une démarche positiviste (DURKHEIM, E. - *Le suicide* (1930), P.U.F., Quadrige, Paris, 1983), où la cause - fait matériel objectivement repérable de l'extérieur - est l'antécédent (à la fois constant et extérieur) à l'effet. Les positivistes considèrent que les phénomènes sociaux doivent être étudiés de la même manière que les phénomènes naturels.

163 Nous avons déjà précisé dans l'introduction générale que nous laisserions de côté la question de l'influence de la fonction sur la morphologie : c'est une question de choix.

3.3.- Le tronçon comme vecteur de flux : description fonctionnelle

Après avoir défini clairement l'objet d'analyse et précisé l'hypothèse fondamentale, nous devons maintenant caractériser chaque tronçon par une ou plusieurs variables fonctionnelles (fonction trafic automobile), traduisant de façon agrégée les comportements des automobilistes qui le parcourent.

3.3.1.- Vitesse moyenne de parcours du tronçon : indice de comportement

Puisque l'on cherche à décrire *globalement* un tronçon, la première question que l'on doit se poser est celle de la traduction du comportement d'un automobiliste non pas à un instant donné, mais pour *toute* la durée de parcours de ce tronçon : en somme, il s'agit de trouver un *indice de comportement individuel moyen* à l'intérieur du tronçon pris dans son intégralité.

Pour construire cet indice, nous nous appuyons sur deux conséquences de la définition du tronçon, délimité par deux points à risque (q.v.) :

1- La "rupture" due à la prise de conscience d'un danger potentiel important - prise de conscience correspondant, on l'a vu, à un changement qualitatif des tâches de conduite - se traduit logiquement, au niveau de l'indicateur du comportement instantané qu'est la vitesse, par une baisse significative de cette dernière. Le profil des vitesses sur un tronçon devrait donc comporter une succession de trois étapes :

- une étape d'accélération, correspondant au passage d'un niveau de vitesse très bas - voire quasiment nul - (fin du tronçon précédent) à un niveau de vitesse adapté aux caractéristiques du tronçon parcouru ;

- un palier (vitesse constante) correspondant à la vitesse de croisière adoptée par l'automobiliste compte tenu de la morphologie (selon notre hypothèse) du tronçon, l'automobiliste n'ayant *a priori* aucune raison de freiner entre les deux points-à-risque qui le délimitent ;

- une étape de décélération, correspondant à l'arrivée du véhicule en fin de tronçon, c'est-à-dire à proximité d'un point-à-risque¹⁶⁴.

2- Les variations de vitesse décrites précédemment ne sont dues qu'à la segmentation de l'itinéraire par les points-à-risque ; le tronçon est quant à lui supposé être "homogène" d'un bout à l'autre, et perçu par l'automobiliste comme un tout. De ce fait, le tronçon est l'unité spatiale pertinente pour mettre en évidence le rôle des caractéristiques formelles sur la vitesse¹⁶⁵ : on peut l'assimiler à un espace intérieur (une "chambre") dont les caractéristiques morphologiques définissent une "ambiance générale" homogène, influant sur le comportement des automobilistes qui l'empruntent.

Dans cette vision des choses, le conducteur est donc supposé adopter une vitesse en fonction de sa perception globale du tronçon pris dans son ensemble. Il s'agit là d'une hypothèse simplificatrice : on pourrait penser que dans la réalité, il adaptera sa vitesse au fur et à mesure de sa progression à l'intérieur du tronçon, c'est-à-dire en fonction de l'évolution de la scène visuelle se déroulant sous ses yeux¹⁶⁶. Cependant, nous pouvons asseoir cette hypothèse sur certains résultats d'un cycle d'études lancé par la DSCR en mai 1984, plus précisément ceux mis en évidence par une équipe supervisée par Geneviève Dubois-Taine¹⁶⁷, parmi lesquels figure une décomposition de la tâche de conduite en une succession de "performances" ; chaque performance serait constituée de deux séquences, la macro-performance et la micro-performance. La **macro-**

164 Cette forme générale accélération-palier-décélération des profils de vitesses de la conduite en milieu urbain semble confirmée par une série de mesures effectuée à l'aide de véhicules équipés circulant dans différentes villes ; cf :

SEIDOWSKY, R. -*Cinématique des véhicules en milieu urbain : analyse du comportement*, Rapport INRETS n° 5, Arcueil, 1986

SEIDOWSKY, R. ; SELLAM, S. ; ARON, M. -"Analyse et classification de la cinématique d'un véhicule automobile", in *RTS*, n° 9, mars 1986, pp. 35-40.

165 Il est clair que ce qui préoccupe l'automobiliste en premier lieu, c'est le risque d'un accident ; en l'absence de ce danger potentiel (à l'intérieur de cette entité homogène qu'est le tronçon), il devient pertinent de s'interroger sur l'influence d'éventuels facteurs limitateurs de vitesse "secondaires" que sont, selon notre hypothèse, les caractéristiques morphologiques du tronçon.

166 Cette notion de scène visuelle à partir d'un véhicule a fait l'objet d'un développement passionnant dans l'ouvrage de référence :

APPLEYARD, D. ; LYNCH, K. ; MYER J.R. -*The View from the Road*, Massachusetts Institute of Technology, U.S.A., 1964.

167 Le travail de recherche de cette équipe a donné lieu à la rédaction d'un rapport :

DSCR -"Les traversées et déviations d'agglomérations", in *Sécurité et infrastructures routières, cycle d'études*, rapport provisoire, mai 1985.

performance correspondrait à la lecture d'une scène visuelle (recherche d'indices) en vue d'anticiper les ajustements nécessaires compte tenu du tracé de la route et des conditions de la circulation ; le champ temporel de cette anticipation serait de l'ordre de **vingt à trente secondes** environ ; la micro-performance serait quant à elle constituée par la prise d'informations en vue d'une tâche immédiate (dans les deux ou trois secondes qui suivent). Ainsi, à condition que la longueur du tronçon soit telle que ce dernier puisse être parcouru d'un bout à l'autre en une trentaine de secondes (ce qui, pour une vitesse moyenne de 30 km/h, correspondrait à une longueur d'environ **250 mètres**), la lecture de la scène visuelle correspondant à la totalité du tronçon servirait à anticiper le "comportement à adopter", sauf imprévu - par définition très peu probable à l'intérieur d'un même tronçon - pour toute la durée de parcours de ce dernier.

La conséquence opératoire des deux postulats précédents - d'une part, que la forme générale des profils des vitesses est identique d'un tronçon à l'autre (accélération-palier-décélération), d'autre part que la vitesse de croisière adoptée par l'automobiliste est fonction de sa perception globale du tronçon - est que l'on peut considérer comme indicateur pertinent du comportement d'un automobiliste sur un tronçon **la vitesse moyenne calculée entre les deux extrémités de ce dernier**.

3.3.2.- Différences inter-individuelles et notion de comportement moyen

Supposons que, pendant une durée d'observation fixée, un tronçon soit parcouru par un certain nombre de véhicules, le comportement de chaque conducteur étant traduit par la vitesse moyenne de parcours ; les vitesses moyennes de l'ensemble des véhicules observés représentent donc la totalité de l'information recueillie concernant la "fonction-déplacement automobile" du tronçon.

Cependant, nous cherchons à caractériser ce dernier par un indicateur global unique ; une **réduction des données** est donc nécessaire. Cette opération est familière au physicien, qui, pour connaître par exemple la longueur d'un objet, fait plusieurs mesures répétées pour ensuite remplacer cet ensemble de mesures par un paramètre de tendance centrale (souvent, il s'agit de la moyenne

arithmétique), accompagné d'un paramètre de dispersion des mesures (par exemple leur écart-type par rapport à cette moyenne)¹⁶⁸.

Est-il concevable de faire de même avec des comportements de personnes différentes ? Ou en d'autres termes, la notion de "comportement moyen" a-t-elle un sens ?

A priori, la réponse serait plutôt négative, dans la mesure où l'on étudie un phénomène complexe faisant intervenir au plus haut point le facteur humain avec son caractère imprévisible.

D'un autre côté, nous avons vu, parmi les résultats pratiques de la thèse de Yarob Badr, le rôle fortement homogénéisant de l'agglomération au niveau de la vitesse ; toutefois, ce résultat concerne un cas de figure assez particulier, qui est celui de l'alternance entre une conduite en rase campagne et une conduite en petite agglomération. Dans quelle mesure le cadre unifiant que semble être un environnement urbain est-il à même de vaincre les disparités inter-individuelles en dehors de ce cas particulier ? C'est là une question à laquelle nous ne saurions répondre.

Cependant, si une généralisation du caractère homogénéisant du cadre urbain serait sans doute abusive, peut-être une telle hypothèse pourrait-elle être recevable au sein d'une même "catégorie" de conducteurs, c'est-à-dire pour des conducteurs ayant des caractéristiques proches, qu'il s'agisse de caractéristiques signalétiques (sexe, âge, catégorie socio-professionnelle, etc.) ou de caractéristiques liées à leur déplacement (leur expérience en tant que conducteur, leur connaissance de l'itinéraire effectué, le motif de leur déplacement présent, qui peut avoir une incidence non négligeable sur leur rapport au temps, etc.) : l'établissement d'une "typologie globale de conducteurs", rapprochant notamment des classes de comportements au volant et diverses caractéristiques individuelles, a d'ailleurs fait l'objet d'un travail de recherche à l'INRETS-LEN (Laboratoire Energie Nuisances)¹⁶⁹. L'intérêt pour nous d'un tel travail n'est pas la typologie elle-même, mais le simple fait qu'il ait été possible de l'établir, ce qui tendrait à corroborer l'existence d'un rapport

168 Sur ces questions relatives à la réduction des données, on pourra se reporter à : VESSERAU, A. -*La statistique*, PUF, Que sais-je ? n° 281, Paris, 1947.

169 LABIALE, G. ; AUPETIT, J. -*Styles de conduite automobile en situation réelle de circulation*, Rapport final INRETS-LEN, 1986.

LABIALE, G. - "Typologie des comportements des conducteurs automobiles - Étude par enquête, in *RTS*, n° 21, Mars 1989, pp. 25-32.

entre caractéristiques descriptives des conducteurs et comportement au volant ; en d'autres termes, des conducteurs possédant certaines combinaisons de caractéristiques similaires auraient des comportements au volant similaires.

Notre indice de comportement d'un conducteur sur un tronçon étant la vitesse moyenne de parcours de ce dernier, nous déduisons de ce qui précède que des automobilistes d'une même "catégorie" parcourant un même tronçon dans des conditions comparables pourraient adopter des vitesses comparables. Du fait de cette variabilité probablement faible des vitesses moyennes, le paramètre de tendance centrale qu'est la **moyenne arithmétique** de ces dernières aurait un sens (de même qu'un comportement moyen, donc), et pourrait être utilisée comme une **caractéristique fonctionnelle globale du tronçon**.

Cependant, compte tenu des différences inter-individuelles, de toute évidence inévitables même au sein d'une "classe homogène" de conducteurs, cette caractéristique (qui n'est de toute façon qu'un reflet mesurable du comportement qui, selon Raymond Fichelet, "*ne se situe pas dans un espace entièrement observable*"¹⁷⁰) est à considérer avec certaines réserves, et uniquement comme un indicateur de "grande tendance" (amplement suffisant dans le cadre d'une recherche à caractère "exploratoire") ; il serait certainement abusif d'essayer d'interpréter de faibles variations de sa valeur. Nous pouvons donc préciser dès à présent que dans cette étude, nous serons amenés à travailler avec des "niveaux" ou "**classes de vitesses moyennes**" (caractéristiques fonctionnelles des différents tronçons) plutôt qu'avec des valeurs continues.

3.3.3.- Echantillon homogène *versus* interactions observateur/observé

Raisonnement en termes de comportement moyen, donc caractériser un tronçon par une variable fonctionnelle globale, présuppose - on l'a vu - un échantillon de conducteurs homogène. Concrètement, cela signifie qu'il faudrait opérer un tri sur des données de trafic pour lesquelles les caractéristiques individuelles sont disponibles.

170 FICHELET, R. - "Les déterminants des comportements des usagers de la route", in CETUR, *Vitesse et sécurité en ville - Action sur les comportements et choix des équipements*, compte rendu de la journée nationale d'étude, Grenoble, 1985, p.15.

Nous reviendrons plus en détail sur les différentes techniques de recueil de données de trafic dans la partie 2 de ce mémoire ; néanmoins, précisons d'ores et déjà que la connaissance d'informations concernant le conducteur implique en contrepartie une "interaction observateur/observé" : le simple fait d'informer l'automobiliste qu'il fait l'objet de "mesures" - qu'il s'agisse d'essais en laboratoire (option que nous rejetons *a priori* comme non pertinente, puisque la vitesse, nous l'avons vu, doit impérativement être mesurée en situation réelle) ou de conduite *in situ* d'un véhicule équipé en appareils de mesure - peut, à notre sens, **modifier radicalement son comportement**. Il s'agit là d'un constat purement intuitif, mais qui ne manque pas de bon sens : conduirions nous *réellement* de façon "naturelle" avec un agent de police assis à côté de nous ?...

Ou bien il est possible d'avoir recours à un recueil "anonyme" qui évite ce biais, mais où, par définition, on n'a aucun moyen de connaître les variables descriptives des conducteurs.

Ainsi, nous pouvons choisir entre un échantillon de conducteurs homogène mais au comportement biaisé, et un échantillon quelconque au comportement "naturel" ; arbitrage difficile entre pertinence des mesures de comportement et pertinence de leur agrégation en comportement moyen !

Notre choix s'est porté sur la première option - le recueil anonyme - car nous pensons pouvoir **partiellement** remédier à la difficulté de son incompatibilité structurelle avec la possibilité d'agréger les données par une sélection judicieuse du terrain d'étude, devant nous permettre de poser quelques hypothèses simplificatrices.

3.3.4.- Homogénéiser l'échantillon : le choix du terrain d'étude

Facteurs d'hétérogénéité

D'emblée, nous distinguons deux grandes catégories de facteurs d'hétérogénéité d'un échantillon quelconque de conducteurs :

1- Les caractéristiques signalétiques, descripteurs "généraux" des automobilistes, sans rapport direct avec leur activité de conduite. Il s'agit d'une combinaison de caractères acquis et innés (pour peu que cette distinction soit pertinente) et de tous les particularismes aussi bien structurels que conjoncturels liés à leur personne. Il est clair qu'aucun ensemble de variables ne saurait

caractériser un être humain dans toute l'étendue de sa complexité. Cependant, dans les sciences humaines et sociales, on tente de donner une description sommaire et schématique faisant appel à quelques caractéristiques plus ou moins consensuelles (et pouvant évidemment varier avec la nature de la recherche menée) comme le sexe, l'âge, les origines sociales, l'appartenance à une catégorie socio-professionnelle (CSP), à un groupe ethnique, religieux ou culturel plus ou moins bien délimité, etc.

2- Les caractéristiques spécifiques à l'usage de l'automobile, qui incluent aussi bien des modalités liées à la tâche de conduite en général (à ce niveau, le rôle de l'*expérience* semble prédominant) que celles relatives au cas particulier du déplacement faisant l'objet de l'observation, notamment la connaissance de l'itinéraire (facteur primordial), mais également le motif du déplacement (qui peut avoir une forte influence sur "l'état d'esprit" du conducteur), les contraintes temporelles liées au déplacement et la présence de passagers dans le véhicule¹⁷¹.

A ces sources de diversité particulières au déplacement, on peut en ajouter une qui est sans rapport avec l'automobiliste : les caractéristiques mécaniques des véhicules.

Dans ces deux catégories de caractéristiques - dualité qui n'est pas sans rappeler le modèle de Taylor (cf. chapitre 1), où le comportement du conducteur est fonction de facteurs internes comme l'âge et la nervosité, et de facteurs externes comme la contrainte du temps - il semble logique de penser qu'en dehors de cas exceptionnels ou "pathologiques" (conducteur particulièrement irresponsable ou ivre) au niveau du premier type de caractéristiques, ce sont les variables spécifiques à l'usage de l'automobile qui auraient le plus de poids dans le comportement du conducteur. Commençons donc par nous pencher sur ces dernières.

Caractéristiques spécifiques à l'usage de l'automobile

L'expérience du conducteur et sa connaissance de l'itinéraire sont - nous l'avons vu lors de la description du cadre conceptuel de Badr (chapitre 1) - deux facteurs essentiels, au point qu'une distinction entre conducteurs débutants d'un

171 "La présence d'autres personnes, même silencieuses et inactives, diminue les baisses de vigilance " (SPERANDIO, J.-C. -*L'ergonomie du travail mental*, Masson, Paris, 1988, p. 32). En d'autres termes, la présence ou non de passagers serait un facteur d'hétérogénéité de comportement des conducteurs.

côté, conducteurs expérimentés de l'autre semble réellement être une condition *sine qua non* pour mener à bien une étude sur les comportements ; la connaissance de l'itinéraire est quant à elle une condition absolue pour pouvoir analyser la tâche de conduite en termes d'automatismes, à l'exclusion des tâches de navigation. Notre choix de recueillir les vitesses des automobilistes au moyen d'une méthode "anonyme" pose donc *a priori* un problème insoluble. Comment le choix d'un terrain d'étude particulier pourrait-il pallier cette difficulté ?

Précisons pour commencer que par *choix d'un terrain*, nous entendons une délimitation aussi bien *spatiale* que *temporelle*. Dans un premier temps, c'est sur cette dernière que nous focalisons.

Aux heures de "pointe" (phénomène bien connu lié à la durée et aux horaires de travail de la grande majorité des personnes actives), c'est-à-dire à heures fixes, toutes les infrastructures routières (entre autres...) connaissent une affluence d'automobiles correspondant aux déplacements "domicile-travail" le matin, "travail-domicile" (éventuellement, "travail - activité quelconque - domicile") le soir. A ces moments précis, la composition du trafic en termes de motifs de déplacement peut être considérée, à peu de choses près, comme connue (le motif domicile-travail des déplacements observés est largement majoritaire). Mais elle peut l'être aussi, dans une certaine mesure, en termes de ratio "conducteurs débutants/conducteurs expérimentés" : en effet, il est clair que la très grande majorité des actifs se rendant en voiture à leur lieu de travail sont des habitués de ce mode, et par voie de conséquence, de l'itinéraire qu'ils effectuent deux fois par jour (ce qui règle le problème de la connaissance de l'itinéraire) ; plus précisément, il est très probable qu'un échantillon quelconque d'automobilistes circulant en heure de pointe contiendra une très forte proportion (pour ne pas dire la quasi-totalité) de personnes utilisant quotidiennement leur véhicule pour aller sur leur lieu de travail. Partant de ce constat, et si l'on prend à titre d'exemple le cas de la Région parisienne où la moyenne des distances journalières parcourues pour motif domicile-travail (tous modes confondus) est d'une trentaine de kilomètres¹⁷², le seuil fatidique des 5000 km (limite théorique entre les "conducteurs débutants" et les autres

172 28 km en 1990 (Cf. : GEFFRIN, Y. ; MULLER, M. -*Evolution démographique, croissance urbaine et mobilité*, CETUR, Bagneux, 1993, p.39). Mais il est probable que pour le seul mode *voiture particulière*, cette valeur (qui est une moyenne tous modes confondus, y compris la marche à pied) est plus élevée.

conducteurs) devrait être atteint en moins d'un an, celui des 50 000 km (limite théorique entre "conducteurs expérimentés" et autres conducteurs : cf. chapitre 1) - en tenant compte des déplacements pour d'autres motifs (estivaux notamment) - devrait l'être en 5 ans environ. Si l'on prend par ailleurs une base de 40 années de conduite au cours d'une vie professionnelle, et si l'on pose l'hypothèse d'une répartition homogène (distribution équiprobable) des conducteurs par âge, le ratio conducteurs débutants/autres conducteurs ne devrait pas dépasser 3 % (1 an / 40 ans), grandeur que nous considérons comme négligeable, le ratio conducteurs expérimentés/autres conducteurs devrait être supérieur à 85 %, proportion que nous assimilons à une "quasi-totalité". Ainsi, sur la base d'une démarche sans doute un peu simpliste, mais néanmoins fondée sur des données existantes, nous pouvons proposer une délimitation temporelle claire de notre terrain d'étude : *les mesures de trafic doivent être prises au cours d'une heure de pointe*. Cette délimitation entraîne une homogénéisation importante au niveau de la composition du trafic, puisque durant ces périodes, un automobiliste en circulation pris au hasard a de fortes chances d'être **expérimenté**, de **connaître l'itinéraire** qu'il est en train de réaliser¹⁷³, d'avoir un **motif de déplacement** pouvant être considéré comme connu (domicile-travail), motif qui conditionne son rapport au temps (**contraintes temporelles**), et d'être **seul dans son véhicule**¹⁷⁴. De plus, compte tenu du domaine d'application de notre étude (voirie urbaine d'échelle 0), les **différences mécaniques** inter-véhiculaires ne devraient jouer qu'un rôle négligeable dans la vitesse pratiquée, puisque nous sommes dans un cas où cette dernière sera *a priori* faible. Notons enfin que la méthode d'agrégation retenue est parfaitement adaptée au raisonnement "probabiliste" ayant débouché sur des proportions de conducteurs, puisque les comportements "atypiques" (traduits en termes de vitesse moyenne sur un tronçon) n'influent que très peu (car considérés comme marginaux en proportion) sur la valeur de la moyenne arithmétique globale.

173 Grâce à cette délimitation temporelle simple, il semble que toutes les conditions requises par le cadre conceptuel intégral de Y. Badr soient vérifiées : en termes d'expérience, les conducteurs peuvent pour la plupart être considérés comme appartenant à une même catégorie, et leur "apprentissage de l'itinéraire" est achevé.

174 En **moyenne** (en Île-de-France), une voiture particulière en circulation transporte 1,33 personnes, soit 0,33 passager (DREYFUS, J. -*Les déplacements en Ile-de-France un jour ouvrable d'hiver - Analyse des résultats de l'Enquête Globale de Transport 1991-1992*, RATP, Paris, 1993) ; cette moyenne tient compte de tous les motifs de déplacements ; dans le cadre du seul motif domicile-travail, cette valeur est sans aucun doute plus faible (très proche de 1, donc de 0 passagers).

Descripteurs généraux

Pour ce qui est des caractéristiques non liées à la tâche de conduite, dont l'influence sur le comportement du conducteur est sans doute moins importante que celle des caractéristiques spécifiques à l'usage de l'automobile, il est clair que, compte tenu de l'option de recueil de données choisie, elles ne peuvent qu'être inconnues.

Toutefois, la délimitation temporelle proposée plus haut peut, dans une certaine mesure, jouer là aussi un rôle homogénéisant : dans les tranches horaires choisies, nous savons que la plupart des automobilistes observés sont des actifs (premier facteur d'homogénéité), qu'ils appartiennent à une "tranche d'âge" (approximativement, entre 20 et 65 ans - fourchette évidemment large...), et qu'ils possèdent une voiture particulière¹⁷⁵ dont ils se servent quotidiennement (ce qui constitue un troisième facteur d'homogénéité - l'appartenance à une tranche de revenus... là encore très large).

Ces critères de "catégorisation" des automobilistes sont malheureusement peu précis. Toutefois, ces éléments peuvent être complétés en doublant la délimitation temporelle du terrain d'étude par une délimitation spatiale : ainsi, pour "cibler" au mieux un groupe homogène de personnes, il est sans doute préférable de mesurer les vitesses non pas à l'intérieur d'une zone résidentielle (extrémité "domicile" du motif domicile-travail), qui risque d'être très "mixte"¹⁷⁶, mais plutôt dans une zone d'emplois d'une certaine "catégorie" - par exemple, une zone de bureaux. Comme précédemment, il s'agit d'un facteur qui ne participera que modérément à l'homogénéisation de l'échantillon d'automobilistes, dans la mesure où la gamme de ce que l'on peut appeler les "emplois de bureau" est large ; mais là encore, c'est mieux que rien : une telle délimitation spatiale, combinée aux critères déduits de la délimitation temporelle, contribue à la définition des frontières de la catégorie d'appartenance "probable" d'un automobiliste pris au hasard dans l'échantillon mesuré.

175 excepté ceux - sans doute rares - qui n'en possèdent pas et utilisent une voiture de fonction.

176 ce point peut évidemment se discuter...

Pour finir, il est un dernier facteur d'hétérogénéité qui peut - là encore, en partie seulement - être atténué par un choix judicieux du terrain d'étude. Si nous le traitons à part, c'est qu'à la différence des précédents, il n'est pas lié à la personne du conducteur : c'est ce que l'on pourrait appeler la "*fréquence d'apparition de situations imprévisibles*" au cours de la traversée d'un tronçon. L'influence de ce facteur sur le comportement du conducteur est sans doute considérable : plus nombreuses seront les situations de ce type que l'automobiliste devra gérer à l'intérieur d'un tronçon (gestion faisant appel à des niveaux de conscience ne relevant pas des automatismes), plus sa vitesse de croisière (indice de "comportement moyen") sera éloignée de celle normalement adoptée - selon notre modèle - en fonction de "l'atmosphère globale" perçue dès l'entrée du tronçon¹⁷⁷. Cette probabilité d'imprévu est d'autant plus génératrice d'hétérogénéité que les disparités comportementales entre conducteurs sont vraisemblablement (bien que cela reste à prouver... mais cela dépasserait le cadre de cette thèse) nettement plus marquées dans la réalisation de tâches inhabituelles ou liées à l'apparition soudaine d'un danger potentiel que dans la gestion de situations courantes et pouvant être anticipées (surtout si l'échantillon est composé très majoritairement de conducteurs expérimentés¹⁷⁸). Notre définition du tronçon par une probabilité faible d'apparition de situations "extraordinaires" sur toute sa longueur joue certes, à ce titre, un rôle homogénéisant considérable. Cela étant, il ne s'agit jamais que d'une définition probabiliste : il n'y a pas adéquation parfaite entre un lieu (le fameux point-à-risque) et un événement possible ; en aucune façon on ne peut parler de déterminisme de cet événement par le lieu, et un imprévu peut survenir même en plein milieu d'un tronçon, bien que la probabilité soit faible.

177 A la limite, pour un événement vraiment exceptionnel survenant au moment du passage de l'automobiliste dans le tronçon (un étal de pastèques se renversant sur la chaussée, par exemple), il y aura divergence totale entre la vitesse "prévue par anticipation" par le conducteur (en fonction des caractéristiques - entre autres morphologiques - du tronçon) et la vitesse moyenne réellement adoptée...

178 Dans son travail de recherche portant sur l'activité du conducteur à l'approche d'un virage, Olivier Laya montre des similitudes assez marquées au niveau des stratégies d'exploration visuelle (mouvements oculaires, temps et nombre de fixations de différentes zones de la scène visuelle...) de la route chez les conducteurs expérimentés (LAYA, O. -*Analyse de l'activité du conducteur en virage*, op. cit.)

Nous devons donc nous efforcer de réduire cette probabilité par un choix adapté du terrain d'étude, en évitant par exemple de travailler sur des quartiers dotés d'une "vie de rue" intense. Dans notre modèle, cette vie de rue constitue un phénomène parasite - terme qui ne doit pas être pris dans un sens péjoratif : tout simplement, est "parasite" tout élément caractérisant le tronçon, ne relevant ni du trafic automobile, ni de la morphologie, et pouvant amener l'automobiliste à passer, dans la réalisation de sa tâche de conduite, des niveaux "bas" régis par des automatismes vers des niveaux plus élevés sollicitant sa conscience. Devront donc être bannis (autre critère de délimitation spatiale) du champ possible des terrains d'application de notre modèle d'analyse les zones à "vie urbaine foisonnante", caractérisées par de fortes concentrations de piétons, d'activités de rue (commerciales ou autres, notamment celles ayant une forte propension à "déborder" sur la chaussée, et de façon plus générale, sur l'espace public), etc.

Conclusion : impératifs pour le choix du terrain d'étude

La variabilité inter- et intra-individuelle des conducteurs peut sans doute être atténuée par le choix d'un terrain d'étude approprié. Ce choix est guidé par un certain nombre de contraintes, aussi bien temporelles que spatiales :

- du point de vue temporel, les mesures des vitesses devront être réalisées aux heures de pointe d'un jour ouvrable ;

- du point de vue spatial, la zone étudiée devra être une zone d'emploi homogène (par exemple, une zone de bureaux), et aussi "aseptisée" que possible en matière de "vie urbaine".

Cependant, il serait vain de le nier, aucun choix de terrain, aucun découpage des itinéraires, ne pourront remplacer la connaissance précise des caractéristiques individuelles des conducteurs ; mais il s'agit tout de même d'un facteur d'homogénéisation important... suffisant, nous l'espérons, pour que l'opération d'agrégation par la moyenne arithmétique des vitesses moyennes de parcours du tronçon ne soit pas absurde, et pour que cet indice agrégé - reflet approximatif mais fidèle d'un comportement moyen - puisse être considéré comme une **caractéristique fonctionnelle pertinente du tronçon**.

3.4.- Le tronçon comme espace : description morphologique

Après avoir caractérisé le tronçon d'un point de vue fonctionnel, il s'agit maintenant de le décrire par une série de variables morphologiques.

Cette tâche paraît bien difficile : si, pour définir un indicateur pertinent du comportement du conducteur, nous avons pu nous appuyer sur la notion largement consensuelle de vitesse pratiquée, comment caractériser formellement ce tronçon comme un espace ? Il est clair que le recours à un ensemble de descripteurs relatifs à la forme urbaine, aux composants de la rue, à la chaussée, etc. sera nécessaire. La question du choix de telles variables devient alors prégnante.

Pour effectuer ce choix, ultime étape de notre modèle d'analyse, nous nous référons aux modèles de comportement ; parmi eux, le modèle de Gibson et Crooks joue un rôle central compte tenu des limites que nous nous sommes imposées et des hypothèses simplificatrices adoptées (corpus réduit à une catégorie supposée homogène de conducteurs, circulant à l'intérieur de ces entités supposées "homogènes" que sont les tronçons, et au comportement se réduisant aux seules tâches du niveau de contrôle).

Les variables retenues seront finalement triées afin de mettre en évidence celles qui relèvent réellement de la morphologie ; pour cela, nous nous référons à la "typo-morphologie", méthode d'analyse des formes urbaines déjà mentionnée au chapitre 1.

Notre source d'inspiration est donc le modèle de Gibson et Crooks ; rappelons que dans ce modèle, les facteurs "limitateurs de vitesse" de cet "émetteur d'informations visuelles" qu'est l'environnement de l'automobile sont regroupés en six classes :

- 1- les facteurs naturels
- 2- les limites dynamiques
- 3- les obstacles fixes
- 4- les obstacles en mouvement
- 5- les obstacles potentiels
- 6- les obstacles légaux

Commençons donc par passer en revue ces éléments de description de l'environnement, en essayant de décliner chacun d'entre eux en variables susceptibles d'en donner une traduction quantitative ; le principal enjeu de ce choix est bien entendu celui du niveau de détail à adopter.

3.4.1.- Les facteurs naturels

Il s'agit de ce que l'on pourrait appeler des "réducteurs du champ de vision". D'emblée, nous éliminons les éléments liés aux conditions météorologiques : il suffit de ne pas prendre en compte les vitesses mesurées par temps de brouillard ; il en est de même pour les problèmes de conduite nocturne. La question des limites physiques du champ de vision, en revanche, nous intéresse au plus haut point : pour reprendre une image utilisée précédemment, où le tronçon - "homogène" d'un bout à l'autre et perçu par l'automobiliste comme un tout - était assimilé à un espace intérieur (une "chambre"), ces limites physiques correspondent en fait aux "parois" (frontale, latérales, "plancher") de cette chambre.

La "paroi frontale" du tronçon

Caractériser la paroi frontale (fond du tronçon) n'est pas chose aisée compte tenu de la variété des configurations possibles de la manière dont un tronçon s'achève ; cela étant, cette variété est largement tributaire du niveau de détail auquel on descend : par exemple, si le tronçon se termine par un carrefour, on peut se contenter de caractériser la "paroi frontale" par ce simple constat (l'occurrence de la variable "paroi frontale" est "carrefour"), mais on peut aussi proposer une multitude de descripteurs de la configuration de ce dernier (nombre de voies qui y débouchent, aménagements techniques qui le composent, volume des immeubles qui le délimitent, notamment le traitement des angles - élément important pour des questions de visibilité, etc.). Toutefois, compte tenu de notre modélisation du comportement, une telle description complète serait sans doute inutile : en effet, l'influence des "détails" - perceptibles par l'automobiliste en deçà d'une certaine distance - n'est probablement sensible qu'au cours de la phase finale de parcours du tronçon, et ne devrait donc se traduire que marginalement au niveau du comportement moyen sur le tronçon. De ce fait, nous nous contentons, dans le cadre de cette étude, d'une description fruste du fond de tronçon, que nous déclinons en deux variables :

ACHT : Achèvement,

indiquant la manière dont s'achève le tronçon : par un carrefour, par une place, par une "grande avenue"...

FONP : Fond de perspective,

traduction simple de ce que l'automobiliste peut apercevoir au delà de la fin du tronçon : perspective "fermée" (si le tronçon s'achève en "T"), perspective ouverte (si le tronçon est prolongé par un autre d'orientation approximativement identique, configuration que nous appellerons un fond de perspective en "I"), perspective "semi-ouverte", ce qui correspondrait au cas précédent, mais où tronçon "prolongé" et tronçon(s) "prolongeant(s)" forment un angle limitant la vision "au loin" du conducteur (nous appellerons ce cas de figure un fond de perspective en "Y"). Il nous a semblé pertinent d'intégrer cette seconde variable caractérisant la fin du tronçon en raison de la grande importance accordée au fond de perspective dans les résultats des recherches suscitées par l'appel d'offres (dèjà mentionné) sur la lisibilité de la route (cf. chapitre 1) : le fait que l'automobiliste porte avant tout son regard au loin et que la portée du regard ait une influence importante sur la vitesse semble aujourd'hui être un élément de consensus¹⁷⁹.

Parois latérales du tronçon

Pour ce qui est des parois latérales (façades d'immeubles délimitant le tronçon), nous avons décidé de les décrire de façon légèrement plus détaillée que la paroi de fond, car ce sont elles qui constituent, en vue perspective, l'essentiel de la surface du champ de vision de l'automobiliste durant le parcours du tronçon.

L'importance prise par les parois latérales dans la vue perspective de la scène visuelle (pour un angle de vision fixé) est fonction essentiellement de leur

179 "[...] la personne au volant a son regard porté vers l'infini, vers le fond de perspective ; par une bonne indication, on arrive à lui faire porter son regard à une échéance plus rapprochée, une fois, à la limite deux fois, mais pas de très nombreuses fois ; [...] quand des feux de signalisation [sont] relativement rapprochés, en général, il y a des méprises des automobilistes s'ils ne sont pas réglés exactement de la même manière : les automobilistes ont tendance à regarder le second plutôt que le premier " (DUBOIS-TAINE, G. - "Les relations entre la perception de l'environnement et le comportement des usagers - l'état des recherches", in CETUR, *Vitesse et sécurité en ville - Action sur les comportements et choix des équipements*, compte rendu de la journée nationale d'étude, Grenoble, 1985, p. 25). Geneviève Dubois-Taine remarque également que la vitesse observée des véhicules est généralement supérieure en sortie de ville qu'à l'entrée, en raison d'un fond de perspective "totalement dégagé" dans le premier cas.

hauteur, de la distance entre paroi droite et paroi gauche¹⁸⁰ (ou **largeur de façade à façade** du tronçon), et de la **longueur** du tronçon.

Le travail de définition de ces trois variables dimensionnelles de description "globale" des parois latérales est grandement facilité par le constat (sans doute une évidence) de l'existence d'un "invariant" dans la plupart des villes européennes (pour ne pas dire toutes) - du moins dans leurs quartiers "historiques" (approximativement, datant d'avant la première guerre mondiale) : cet invariant est l'alignement (relatif) des façades d'immeubles bordant la rue, résultant d'une réglementation précoce (souvent dès le Moyen-Age) visant à régulariser le cours des voies... et à empêcher les propriétaires d'empiéter, par le bâti de la parcelle, sur l'espace public. Pour la hauteur de ce bâti, le processus est un peu analogue (par textes réglementaires, la hauteur est limitée pour raison d'éclairage et d'hygiène, sa valeur maximale étant souvent fonction de la largeur de la rue¹⁸¹), quoique plus tardif ; là encore, le vingtième siècle vient bouleverser, plus ou moins ponctuellement, cette unité qui caractérisait le bâti d'avant la Grande guerre¹⁸². C'est justement de cette unité que nous tirons parti pour décrire, d'un point de vue dimensionnel, les parois latérales du tronçon : dans l'ensemble, et à condition de nous placer dans un cas de figure d'urbanisation dense "historique", il est pertinent de parler aussi bien de "**hauteur courante**" que de "**largeur courante**" entre façades d'un bout à l'autre du tronçon. Toutefois, afin de tenir compte d'éventuelles "exceptions", correspondant aux variations "locales" de hauteur et de largeur, nous proposons de compléter ces deux mesures par des indices de variation volumétrique exprimés sous forme de "**densités**" : par exemple, supposons que la paroi droite du tronçon ait une certaine hauteur courante h , mais qu'un des immeubles

180 Le tronçon étant par définition orienté, nous pouvons parler de côté droit et de côté gauche, par rapport au sens de circulation.

181 Logiquement (d'un point de vue économique), une fois la hauteur maximale fixée par décision de la puissance publique, cette hauteur sera "rapidement" (à l'échelle de l'évolution historique d'une ville) atteinte par la plupart des constructions (valorisation optimale des parcelles).

182 Sur ces questions d'alignement et de gabarits de façade, on pourra se reporter utilement à : ROULEAU, B. - *Le tracé des rues de Paris - formation, typologie, fonctions*, op. cit. ainsi qu'à : APUR - *Paris projet - aménagement, urbanisme, avenir*, revue préparée par l'Atelier Parisien d'Urbanisme, n°13-14, 1975.

constituant cette paroi ait une hauteur "significativement"¹⁸³ supérieure à h ; si l'on appelle F la longueur cumulée des façades d'immeubles bordant le tronçon côté droit et f la largeur de la façade donnant sur rue de cet immeuble "dimensionnellement atypique", nous définissons la *densité d'augmentations significatives de hauteur de la paroi droite du tronçon* par le quotient f/F . Le même procédé est utilisé pour définir la *densité de diminutions significatives de hauteur* et la *densité d'élargissements* ou de *rétrécissements significatifs* de la largeur entre façades du tronçon.

La dernière variable que nous avons évoquée, *longueur* du tronçon, est sans doute importante, puisqu'elle est susceptible d'infléchir le comportement du conducteur en agissant sur au moins trois tableaux : sur la perception par le conducteur des parois latérales (plus exactement, sur l'importance de leur surface projetée en mode perspectif sur un plan perpendiculaire au regard du conducteur) ; sur la perception par le conducteur de la paroi du fond (plus le tronçon est long, plus la surface de cette dernière - toujours en vue perspective - sera petite) ; mais elle influe également sur l'importance (en proportion) de la part de la courbe du profil de vitesse correspondant au "palier" (vitesse de croisière, hors accélération en début de tronçon et hors décélération en fin de tronçon), et donc, structurellement, sur la vitesse moyenne.

De même que nous avons défini des variables relatives aux deux dimensions situées dans un plan perpendiculaire à la direction du tronçon (hauteur et largeur), nous pouvons procéder à la caractérisation des parois latérales dans le sens longitudinal. Suivant cet axe, celles-ci sont découpées en parcelles ; en quoi la largeur côté rue d'une parcelle peut-elle nous intéresser ? Par l'*effet de rythme* qu'elle peut générer : pour peu que le découpage parcellaire soit lisible en façade (et c'est souvent le cas), les parcelles segmentent visuellement le tronçon sur toute sa longueur selon une trame plus ou moins serrée, fonction de leur taille. Cette segmentation visuelle pouvant modifier la perception de la vitesse¹⁸⁴, nous avons retenu la largeur moyenne (sur rue) de la parcelle comme

183 Il s'agira bien évidemment de fixer des valeurs-seuils (plus ou moins arbitraires) nous permettant de repérer sans équivoque les variations de hauteur suffisamment importantes pour pouvoir être qualifiées de "significatives".

184 C'est le principe des "marques d'alerte", consistant en une série de bandes transversales peintes sur la chaussée. Plus l'espacement entre les lignes est faible, plus l'impression de vitesse perçue par le conducteur sera forte. Il est à noter que ces dispositifs sont utilisés surtout pour créer artificiellement un effet d'accélération par un espace dégressif entre les

indice global de découpage longitudinal du tronçon, élément *a priori* pertinent de l'environnement visuel dans l'étude du comportement du conducteur. Evidemment, l'adoption de cet indice suppose une certaine homogénéité des largeurs - hypothèse sans doute très discutable. Nous traduisons la variation de ces largeurs par un indice de dispersion, l'écart-type.

Pour l'ensemble des variables dimensionnelles retenues caractérisant les parois latérales, les notations suivantes ont été adoptées :

- HAFD : Hauteur courante des façades côté droit.
- HAFG : Hauteur courante des façades côté gauche.
- DAHD : Densité d'augmentations significatives de hauteur côté droit.
- DAHG : Densité d'augmentations significatives de hauteur côté gauche.
- DDHD : Densité de diminutions significatives de hauteur côté droit.
- DDHG : Densité de diminutions significatives de hauteur côté gauche.
- LARF : Largeur courante de façade à façade (au rez-de-chaussée).
- DEFD : Densité d'élargissements significatifs par la droite.
- DEFG : Densité d'élargissements significatifs par la gauche.
- DRFD : Densité de rétrécissements significatifs par la droite.
- DRFG : Densité de rétrécissements significatifs par la gauche.
- LONG : Longueur du tronçon.
- LMPD : Largeur moyenne des parcelles côté droit.
- LMPG : Largeur moyenne des parcelles côté gauche.
- ELPD : Ecart-type des largeurs de parcelles côté droit.
- ELPG : Ecart-type des largeurs de parcelles côté gauche.

Tout cela reste évidemment extrêmement schématique : ces variables donnent une description dimensionnelle sommaire et globale d'un volume intérieur (celui du tronçon), plus précisément, de son "enveloppe" : longueur, largeur, hauteur ; la description des variations "locales" de ces trois mesures est également très fruste, puisque tout se passe comme si leur "effet" était réparti sur tout le tronçon : ainsi, un rétrécissement d'une certaine longueur en début de tronçon compte autant qu'un rétrécissement de longueur identique en fin de tronçon ou que deux rétrécissements de longueur moitié en milieu de tronçon... Quel peut être le sens de tels indices ? Ce que nous cherchons avant tout à

lignes. Cf. : CETUR - *Réduire la vitesse en agglomération*, Ministère de l'Équipement et du Logement - Ministère des Transports et de la Mer - CETUR, Bagneux, 1989.

traduire par leur biais, c'est une "variété volumétrique" (densités de retraits et d'avancées des façades par rapport à un alignement théorique, jeux de volumes en hauteur, effets de rythme et disparités au niveau des largeurs des parcelles...) par opposition à une situation de "monotonie" (toutes les façades parfaitement alignées, toutes les hauteurs d'immeubles identiques, toutes les parcelles de largeur égale). Si nous restons à un niveau de description aussi peu détaillé, c'est que nous pensons que même traduits schématiquement, les jeux de volumes transforment significativement une scène visuelle, et peuvent donc influencer sur le comportement du conducteur... qui, d'ailleurs, mobilisé par sa tâche de conduite, n'a pas loisir d'examiner des "détails".

Bien entendu, un tel raisonnement peut prêter à caution : il est difficile de concevoir que la lecture d'un objet (architectural ou autre) ou d'un espace soit "hiérarchisée", qu'il y ait un ordre perceptif immuable, au point que soit perçu en premier lieu un volume d'ensemble, *puis* (en seconde approximation) les "détails"¹⁸⁵ d'ordre 1", *puis* (en troisième approximation) les "détails d'ordre 2", et ainsi de suite. Cette lecture, au contraire, est probablement "globale", c'est-à-dire que des "détails" sont sans doute déterminants dans la perception d'ensemble du volume ou de l'espace¹⁸⁶. Quid, dans ces conditions, de la pertinence d'une notion telle que le volume global privé de ses "détails" ?... En fait, nous pensons malgré tout que celui-ci, même pris isolément, a **un** rôle à jouer dans le processus de la perception ; comme par ailleurs, nous considérons que le conducteur anticipe partiellement son comportement sur la base du décryptage de la scène visuelle correspondant à la phase initiale de son cheminement dans le tronçon (cf. la "macro-performance" de Geneviève Dubois-Taine¹⁸⁷), et que cette anticipation est fondée en (grande ?) partie sur la perception des espaces et des volumes éloignés (le conducteur - on l'a vu - porte son regard avant tout vers le fond de perspective de la scène visuelle) dont il ne peut appréhender que

185 Ce terme de "détail" est sans doute impropre ; nous désignons par là, pour deux objets ayant des enveloppes identiques (même volume, mêmes dimensions), tous éléments propres à les différencier visuellement : nature, disposition et rapports des éléments de façade (notamment ouvertures et baies), rythmes, modénatures, combinaisons de matériaux employés, textures, etc.

186 "Quoi de plus simple [...] qu'un temple ? Quelques poteaux, quelques linteaux, deux plans inclinés pour que l'eau puisse s'écouler [...]. Et pourtant, combien de temples différents !" (BOUDON, P. - "Simplicités et complexités en architecture, Le Corbusier", in *Revue internationale de systémique*, Vol.4, n°2, 1990, pp. 157-170).

187 DSCR - "Les traversées et déviations d'agglomérations...", art. cit.

les "grandes lignes", le choix des variables tel qu'il a été fait, pour discutable qu'il soit, n'est pas absurde.

Nous avons toutefois tenté de compléter quelque peu cette première description sommaire en ayant recours à une variable complémentaire fondée sur l'histoire : chaque époque possède en effet des particularismes formels au niveau de l'architecture, qui se traduisent entre autres par des gabarits de façade ; un moyen agrégé de traduire la "forme" des parois latérales serait donc de préciser l'époque de leur création. Cela présupposerait que l'ensemble des édifices constituant la paroi datent à peu près de la même époque - hypothèse fragile et suspecte compte tenu des destructions, transformations et superpositions ("stratification") successives qui caractérisent l'évolution d'un bâti urbain. Néanmoins, nous proposons un indice supplémentaire - la date de création de la rue dont le tronçon fait partie - variable qui décrit très indirectement le "caractère" (gabarits, échelles, rythmes et modénatures des façades...) participant à la définition de "l'ambiance générale" qui se dégage de la scène visuelle à l'entrée du tronçon. Nous ne pouvons cependant que répéter d'une part, qu'il y a souvent décalage temporel (plus ou moins important) entre la date de percement d'une rue et la construction (évidemment étalée dans le temps) du parcellaire riverain, d'autre part que les différentes époques suivant la date du percement "marquent" le tronçon (laissent leur empreinte, aussi bien au niveau de la typologie architecturale que de la forme urbaine), de manière plus ou moins sensible, mais amenant souvent une transformation totale. Sans être sûrs de la pertinence d'une telle variable, nous noterons :

HIST : Epoque de création du tronçon.

Le dernier aspect que nous proposons pour affiner la description des parois latérales est relatif à l'usage des deux rangées de parcelles riveraines, auxquelles - ne l'oublions pas - nous avons étendu la délimitation du tronçon. La question que nous nous sommes posée est la suivante : quel usage est susceptible d'être immédiatement lisible en façade et de transformer radicalement la perception visuelle de cette dernière ? Nous pensons que c'est en premier lieu l'activité commerciale, qui se traduit de manière "immédiate" et peut être facilement mise en évidence par la présence de vitrines. L'effet de ces dernières joue sans doute sur plusieurs tableaux : transformation de la géométrie de la façade ("trouée"), transformation de la "structure" de la façade (en particulier du rapport surface

maçonnée/surface vitrée), transformation du "mode de lecture" de la façade (la présence de vitrines peut susciter la curiosité du conducteur quant à leur contenu), à un niveau plus global (sur l'ensemble du tronçon), transformation du "rythme" du tronçon (selon l'espacement et la régularité de répartition des vitrines dans le tronçon)... Là encore, nous nous contentons de traduire tous ces aspects par une variable unique, que nous appelons *densité de vitrines* (nombre de vitrines par unité de longueur du tronçon) :

DVLD : Densité de vitrines (calculée sur la longueur) côté droit.

DVLG : Densité de vitrines (calculée sur la longueur) côté gauche.

Dans la catégorie des variables décrivant les parois latérales de l'espace du tronçon, nous ne pouvons passer sous silence d'éventuels "masques visuels" situés entre la chaussée (donc le conducteur) et les façades d'immeubles bordant le tronçon : bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler de "caractéristiques des parois", ils n'en constituent pas moins un élément important des parties latérales de la scène visuelle. Si l'on se réfère aux résultats pratiques de la thèse de Yarob Badr (cf. chapitre 1), de tels masques - constitués, par exemple, par des clôtures ou des plantations denses de végétation - définissent une **largeur optique**, qui, dans le cas d'une route traversant une petite agglomération, est corrélée à la vitesse pratiquée à l'intérieur de celle-ci. Il s'agit donc d'une variable susceptible de nous intéresser, et méritant d'être testée en tissu urbain dense.

Adoptant la même démarche de simplification que celle retenue pour la caractérisation de la largeur de façade à façade, et en supposant là aussi qu'il est pertinent de parler, à l'intérieur d'un tronçon, de *largeur optique courante* ainsi que de *variations significatives locales* de cette largeur, nous définissons les cinq variables suivantes :

LARO : Largeur optique courante

DROD : Densité de rétrécissements optiques significatifs par la droite.

DROG : Densité de rétrécissements optiques significatifs par la gauche.

DEOD : Densité d'élargissements optiques significatifs par la droite.

DEOG : Densité d'élargissements optiques significatifs par la gauche.

Ajoutons que pour nous, les principaux critères de définition d'un "masque visuel" sont l'opacité et la hauteur : ainsi, ni les rangées d'arbres sur les trottoirs, ni d'éventuels murets très bas (la limite dimensionnelle étant la hauteur

approximative du regard du conducteur, soit un peu plus de un mètre) n'entrent dans cette catégorie (alors que les haies d'arbustes en relèvent). Les arbres, quant à eux, seront pris en compte plus loin (lors de la description du "plafond" du tronçon).

Le "plancher" du tronçon

Conformément à notre démarche descriptive de l'environnement du conducteur allant du "plus éloigné" au "plus proche" (de la description de la paroi du fond, nous sommes passés à celle des parois latérales, puis à celle d'éléments encore plus proches, les "masques visuels"), nous abordons maintenant la surface de la chaussée proprement dite - le "plancher de la chambre". Son impact visuel (part de surface occupée dans le plan de projection de la scène visuelle) est fonction de sa largeur, mais également de sa "structure", en particulier de la nature du revêtement. Le rôle de ce dernier n'est d'ailleurs pas uniquement visuel : sa rugosité, en particulier, est un facteur de premier ordre en tant qu'émetteur de sensations kinesthésiques et sonores. Les deux variables retenues sont donc :

LACT : Largeur de chaussée totale.

REVC : Revêtement de la chaussée.

Nous nous limitons à ces deux variables, bien qu'elles ne décrivent qu'une part du "plancher" de l'espace du tronçon : la surface des trottoirs est laissée de côté. La principale raison à cela est que cette dernière ne pourra vraisemblablement - dans la plupart des cas - être perçue par l'automobiliste que de façon très partielle, au travers du barrage des véhicules en stationnement (nous y reviendrons). Par ailleurs, la surface des trottoirs est indirectement prise en compte par la différence entre la valeur de la variable LARF (largeur de façade à façade) et de celle de LACT (largeur totale de la chaussée).

Cette question étant réglée, il faut encore préciser que la chaussée *stricto sensu* pourrait évidemment être décrite par de nombreuses autres variables : en particulier, la présence d'éventuels aménagements spécifiques explicitement conçus pour diminuer la vitesse, qu'il s'agisse à proprement parler de "ralentisseurs" (par exemple les dos d'âne) ou de "dispositifs d'alerte" (comme les bandes sonores ou les bandes rugueuses), est importante. Ne pas en tenir compte serait évidemment une erreur ; toutefois, l'objet de cette thèse n'est pas de tester l'efficacité de ce type d'aménagements (cela a déjà été fait). Il est donc

nécessaire d'éliminer les tronçons "équipés" de tels dispositifs du corpus d'analyse... ou de choisir un terrain d'étude n'en comportant pas.

L'éclairage... et le "plafond"

Le dernier point de cette rubrique est relatif aux facteurs naturels. Il s'agit de la question de l'éblouissement, notion que nous étendons à un domaine plus vaste, celui de l'éclairage. Dans la mesure où cette étude est limitée à la conduite de jour, il est important d'essayer de caractériser l'éclairage naturel : une scène visuelle peut en effet être complètement transformée non seulement par l'intensité de ce dernier et par le caractère plus ou moins diffus de la lumière, mais également par la position de la source lumineuse.

Le premier aspect - l'intensité - peut être éliminé grâce à une délimitation temporelle adéquate du terrain d'étude : il suffit simplement de travailler sur des mesures de trafic ayant été effectuées à une certaine heure de la journée (contrainte qui est de toutes façons imposée par la nécessité de se limiter à l'heure de pointe) et dans des conditions météorologiques analogues. L'intensité de la source lumineuse pourra alors être considérée comme identique pour l'ensemble des tronçons étudiés.

Bien plus épineux est le problème de la position de la source lumineuse : comment traduire, par un indicateur agrégé, le fait que certaines zones de la scène visuelle correspondant au tronçon sont éclairées, d'autres plongées dans l'ombre ? Car on peut légitimement se demander si, à l'intérieur d'un même tronçon, il est égal de circuler en pleine lumière ou non, face ou dos au soleil, ou encore avec une paroi éclairée à sa droite ou à sa gauche...

Ces différents aspects (nous n'entrons évidemment pas dans le détail de la forme des ombres portées ou du pouvoir plus ou moins réfléchissant de certaines surfaces...) peuvent, à notre sens, être traduits par une variable unique :

ORIT : Orientation de l'axe du tronçon par rapport aux points cardinaux.

A une certaine heure de la journée (et à une certaine période de l'année), cette variable est en effet à même de donner la position relative du soleil par rapport au sens de circulation des véhicules, ainsi que de la disposition générale des zones ombrées par rapport aux zones ensoleillées à l'intérieur de chaque tronçon.

Nous complétons cette variable par une seconde - la présence ou non d'arbres sur le tronçon (étant entendu que nous nous plaçons dans une optique du "tout ou rien" : un tronçon est soit planté de rangées d'arbres, et ce des deux côtés, soit il ne l'est pas) :

ARBR : Présence ou non de rangées d'arbres sur trottoirs.

L'effet des arbres est triple : d'une part, ils modifient l'intensité et la qualité de la lumière à l'intérieur du tronçon ; d'autre part, leurs ombres portées modifient considérablement le rapport surfaces éclairées/surface ombrées ; enfin, leurs troncs, ainsi que les ombres portées par ces derniers sur la chaussée et sur les parois, peuvent donner un rythme au tronçon dans le sens longitudinal (dont l'importance a déjà été soulignée précédemment), au même titre (mais peut-être de façon plus marquée ?) que la "segmentation" induite par les parcelles riveraines.

D'une certaine manière, cette description (qui a pour origine le facteur "éblouissement") est une caractérisation de la dernière "paroi" de l'espace du tronçon non encore traitée - le "plafond" - mais essentiellement du point de vue de la lumière qu'il diffuse (et en particulier l'orientation de l'éclairage). Il est à noter que nous omettons complètement un aspect pourtant essentiel en éclairagisme, celui des couleurs et des matières de surface, les unes et les autres accentuant ou atténuant le rôle des parois du tronçon en tant que sources lumineuses secondaires : selon leurs caractéristiques surfaciques, leurs indices de réflexion, de réfraction et de diffusion du rayonnement visible, des parois fortement éclairées pourront paraître sombres, alors que d'autres pourront éblouir même dans de chiches conditions d'éclairage. Le problème est que nous n'avons pas trouvé de moyen simple pour traduire cet aspect de façon agrégée : peut-on vraiment parler de "couleur dominante" d'un tronçon ? Il est à craindre que non... dans le cas général ; mais peut-être le choix d'un terrain d'étude à peu près homogène de ce point de vue pourra-t-il palier cette difficulté ?...

Conclusion sur les facteurs naturels

Ainsi, l'ensemble des variables regroupées dans la catégorie des "facteurs naturels" traduit la structuration de l'espace du tronçon dans les trois dimensions (longitudinale, transversale et verticale) - et ce pour les quatre types

de parois de cet espace (paroi du fond, parois latérales, plancher, plafond - qui est aussi source lumineuse).

Cette première description est affinée par la prise en compte :

- d'une variable historique destinée à traduire les "types architecturaux dominants" sur le tronçon ;

- des "usages lisibles en façade" (les vitrines) ;

- du revêtement de la chaussée.

La présence d'éventuels "masques visuels" entre la chaussée et les parois latérales a également été codifiée.

3.4.2.- Les limites dynamiques

L'exemple type de limites dynamiques est celui dû à la probabilité de dérapage à une vitesse donnée dans un virage de rayon de courbure donné. Cet aspect de l'environnement de l'automobiliste est évidemment difficilement dissociable de la description de la chaussée ("plancher"), faite dans le cadre des facteurs naturels ; cela pose une question difficile liée à tout travail de taxinomie : où classer un élément pouvant être considéré comme appartenant à plusieurs "rubriques" ? Il est clair qu'une même variable joue souvent sur de nombreux tableaux à la fois. Il faut alors décider d'un critère de classement, forcément subjectif : par exemple, un changement de direction de l'axe de la chaussée à l'intérieur d'un tronçon - qu'il s'agisse d'un changement de direction progressif (virage courbe) ou haché (en segments de droite), ce dernier étant largement le plus courant en milieu urbain - constitue aussi bien une limite dynamique qu'un facteur modifiant la scène visuelle (notamment les parois latérales et le fond de perspective). Dans ce cas précis, nous considérons que c'est l'influence en tant que limite dynamique qui est prépondérante.

Changements de direction dans le plan horizontal

Comme pour les autres variables, ce changement de direction doit être une caractéristique globale du tronçon. Si le tracé de ce dernier était un arc de cercle, cette caractéristique serait le rayon de courbure. Par extension, dans cette démarche modélisatrice, nous assimilons tout tronçon comportant un ou plusieurs virages "locaux" arrondis à un tronçon en arc de cercle, dont le rayon

de courbure est calculé sur la base de l'angle formé par les deux droites parallèles à l'axe du tronçon à chaque extrémité de ce dernier ; si l'on appelle α cet angle, C la distance curviligne entre les deux extrémités du tronçon ($C = \text{LONG}$), et R le rayon de courbure, qui est par définition le rayon du cercle auquel les deux droites sont tangentes et dont la longueur d'arc délimité par les deux points de tangence est égale à C , on a : $\alpha.R = C$, d'où $R = C/\alpha = \text{LONG}/\alpha$. C'est cette définition qui est retenue pour la variable :

RAYC : Rayon de courbure moyen du tronçon (longueur/angle).

en la complétant par une seconde variable :

SENC : Sens de la courbure (droite/gauche/multiple).

(car il n'est *a priori* pas évident que l'effet dynamique d'un virage tourne-à-droite soit le même que celui d'un virage tourne-à-gauche).

Afin de pouvoir décrire d'éventuels cas de tronçons "en S" (ou plus généralement, à plusieurs sens de courbure alternés), une occurrence possible de cette dernière sera "sens de courbure multiple" (à côté des deux autres occurrences : "vers la droite" et "vers la gauche"). Evidemment, la variable RAYC n'a alors plus aucun sens. Cependant, il est à noter que les cas de tronçons sinueux sont sans doute rares dans la plupart des villes.

Pour affiner cette première caractérisation, ou plus précisément, pour prendre en compte les cas où l'assimilation de l'axe du tronçon à un arc de cercle est trop sujette à caution (nous pensons aux cas - fréquents en milieu urbain - où l'axe du tronçon est une "polyligne brisée", formée par une succession de segments de droites non parallèles), nous proposons deux variables adaptées aux changements de direction ponctuels, que nous appelons "brisures" :

DEBR : Densité de brisures.

ANGB : Valeur moyenne de l'angle de chaque brisure

La première est le nombre de variations ponctuelles de direction par unité de longueur de tronçon ; la seconde vient compléter la première en qualifiant globalement ces brisures.

Le présupposé de cette caractérisation est que pour une configuration présentant plusieurs brisures, tout se passe comme si ces dernières étaient réparties régulièrement tout au long du tronçon, et comme si les angles formés par chaque paire de segments de droite successifs de l'axe étaient identiques...

(il s'agit d'une simplification comparable à celle consistant à assimiler n'importe quelle courbe à un arc de cercle, comme nous l'avons fait pour la variable RAYC).

Changements de direction dans le plan vertical

Après avoir abordé les changements de direction dans un plan horizontal, il faut également prévoir d'éventuelles variations dans un plan vertical (en coupe), donc des pentes : non seulement l'inclinaison du tronçon a un impact visuel (modification de la part de surface occupée par le "plancher" dans le plan de projection de la scène visuelle) et kinesthésique (la position du conducteur, son rapport tactile au siège ne sont pas les mêmes suivant l'inclinaison du véhicule), mais elle influe aussi sur les capacités dynamiques du véhicule et sur la nature des tâches de conduite à effectuer (en montée comme en descente, on peut être amené à changer de rapport de vitesse). Ce dernier aspect nous semble être de loin le plus important dans l'analyse de la tâche de conduite (évidemment, son impact ne sera sensible qu'au delà d'une certaine limite) : c'est pour cela que la pente du tronçon a été classée dans la rubrique des "limites dynamiques". La variable retenue (évidemment globale) est :

PROF : Profil (positif - pente ascendante, ou négatif - pente descendante).

A l'instar de l'analyse des changements de direction dans un plan horizontal, cette variable est complétée d'une seconde, devant permettre de tenir compte des cas (sans doute rares) de tronçons à sens de pente alternés, cas que nous traduisons sommairement par une variable unique :

CRET : Présence d'une ou plusieurs crêtes (ou "creux") sur le tronçon.

Dans ce cas, la variable PROF n'a aucun sens ; plutôt que de parler, à propos de CRET, de variable "complémentaire", il s'agirait plutôt d'une "variables de remplacement" pour les cas où PROF est sans objet (c'était également le cas pour l'occurrence "sens de courbure multiple" de la variable SENC par rapport à RAYC).

3.4.3.- Les obstacles

Au risque de nous répéter, précisons que - de façon assez évidente - tout obstacle est aussi un "masque visuel", donc un "facteur naturel" (ayant donc pu

être classé comme tel). Le fait d'en sélectionner certains pour les faire figurer dans la rubrique des "obstacles" relève d'un choix personnel, qui appelle un complément de définition : par obstacle, nous entendons tout objet immobile **sur la chaussée**, qui rétrécit (voire obstrue) cette dernière, localement ou globalement.

A ce niveau, il faut préciser que nous ne nous intéressons qu'aux cas de figure "courants" - on pourrait dire aussi "non pathologiques". L'exemple type de "cas pathologique" est celui de la camionnette à l'arrêt (quelle qu'en soit la cause) sur un tronçon étroit en sens unique, ou - plus rare - celui de la camionnette arrêtée à hauteur d'une autre camionnette également à l'arrêt dans le sens opposé, bloquant totalement le passage.

Pour en revenir à des situations plus habituelles, rappelons que dans le modèle de Gibson et Crooks (cf. chapitre 1), le processus d'évitement d'un obstacle dépend de la nature de ce dernier, chacun possédant son auréole de "lignes de contour" (*clearance lines*) dont le nombre dépend du sentiment de danger face à une collision potentielle ; en bonne logique, il serait donc nécessaire d'opérer une différenciation très poussée des obstacles par types. Cependant, il suffit de circuler en milieu urbain dense pour se rendre compte que la très grande majorité des obstacles sur la chaussée sont des véhicules particuliers en stationnement (ou à l'arrêt), en simple - rarement en double - file ; le second constat est que, sauf en zone à stationnement réglementé, les véhicules stationnant en simple file forment souvent une ligne ininterrompue, provoquant *de facto* un rétrécissement continu (sur toute la longueur du tronçon) de la chaussée.

Partant de ces deux constats empiriques, nous postulons que sauf cas exceptionnels, il est pertinent de parler de **largeur utile courante** du tronçon, définie comme la largeur de chaussée laissée libre pour la circulation automobile sur la majeure partie de son tracé par la ou les rangées de véhicules stationnant en simple file sur le ou les côtés du tronçon, et pouvant, en première approximation, être considérées comme "ininterrompues". Cependant, afin de tenir compte, dans une certaine mesure, d'éventuelles exceptions à cette "règle", nous définissons - de façon analogue à ce qui a été fait pour les hauteurs de façades et les différents types de largeur - des **densités** de rétrécissements (ou **goulots d'étranglement**) et **d'élargissements** "ponctuels" de cette largeur utile courante, correspondant respectivement aux véhicules stationnant en double file et aux "places de parking potentielles" le long du trottoir non utilisées au

moment des mesures. Ces densités sont obtenues, pour un "côté de tronçon" donné, en calculant le quotient de la longueur cumulée de ces rétrécissements ou élargissements ponctuels par la longueur "stationnable" du côté considéré. Dans la mesure où ces goulots d'étranglement et ces élargissements sont supposés être le fait de présences (ou d'absences) locales de voitures particulières (dont les dimensions peuvent être considérées comme "normalisées"), il est inutile de s'intéresser aux *valeurs* de ces élargissements et rétrécissement : on raisonne en termes de "tout ou rien").

Nous noterons toutes ces variables :

LUCT : Largeur utile courante totale.

DGED : Densité de goulots d'étranglement de largeur utile par la droite.

DGEG : Densité de goulots d'étranglement de largeur utile par la gauche.

DEUD : Densité d'élargissements de largeur utile par la droite.

DEUG : Densité d'élargissements de largeur utile par la gauche.

Les mêmes remarques (concernant le caractère très schématique de ces variables) que celles qui ont été faites à propos des différentes variables de densité définies pour les facteurs naturels (q.v.) restent valables ici.

3.4.4.- Les obstacles en mouvement

La prise en compte d'obstacles en mouvement - piétons, bicyclettes, motocyclettes, autres véhicules - pose évidemment un double problème : celui du recueil de l'information (car idéalement, il faudrait connaître - au moment du passage dans le tronçon du véhicule étudié - les positions et vitesses précises de tous les autres obstacles en mouvement sur la chaussée du tronçon), et celui de l'agrégation de cette information sous forme d'un indice global unique, valable pour l'ensemble du tronçon.

Pour ce qui est du premier point, il faut recourir à une hypothèse simplificatrice forte, consistant à dire que la proportion d'autres usagers que les automobilistes utilisant la chaussée pour se déplacer est minime, et que par conséquent, on peut considérer - cas "pathologiques" mis à part¹⁸⁸ - que les seuls obstacles à prendre en compte sont les voitures particulières (cela signifie aussi que la proportion de motocyclettes et de bicyclettes est considérée elle

¹⁸⁸ foule de piétons empiétant largement sur la chaussée, par exemple.

aussi comme négligeable) ; sans doute une telle hypothèse est-elle acceptable si l'on choisit convenablement le terrain d'étude, ce qui ne fait que confirmer la nécessité de travailler sur un terrain relativement "aseptisé" en matière de "vie de rue", ainsi qu'une période - heure de pointe - et un lieu - zone de bureaux - où la proportion de voitures particulières puisse être qualifiée de "largement prépondérante".

Le second point est encore plus délicat : comment passer d'un ensemble de véhicules - décrits chacun par une position et une vitesse - à une variable unique caractéristique du tronçon ?

Notons tout d'abord qu'en raison de la délimitation du domaine d'étude (réseau d'échelle 0), le trafic devrait être peu dense, ce qui signifie que la présence d'autres usagers devrait être perçue comme un "élément du paysage" (plus ou moins lointain) plus que comme un "danger potentiel imminent".

De ce fait, pour opérer la simplification escomptée, nous postulons d'une part que le conducteur "règle" son comportement sur sa perception globale de *l'ensemble* des véhicules de la "file" (peu dense) de véhicules (dont il fait partie) présents sur le tronçon en même temps que lui (ce qui inclut en particulier ceux qui sont derrière lui, dont il perçoit la présence plus ou moins lointaine au moyen du rétroviseur), d'autre part que les véhicules sont répartis de manière à peu près uniforme sur toute la longueur du tronçon (hypothèse forte, éliminant les cas d'accumulations localisés et temporaires en certains points - par exemple en fin de tronçon - quelle que soit la raison d'y ménager un arrêt). Moyennant ces deux hypothèses simplificatrices, il devient possible de caractériser l'ensemble des obstacles en mouvement (hormis les cas "pathologiques" d'arrêt brusque individuel et prolongé, perturbant toute la file) par trois **concentrations moyennes** de véhicules sur le tronçon (nombre moyen de véhicules par unité de longueur du tronçon), que nous proposons de tester toutes les trois (bien que ces trois variables soient évidemment liées ; mais laquelle est la plus significative dans le comportement du conducteur ?) :

C100 : Concentration moyenne (par 100 m de tronçon).

CLAR : Concentration moyenne (idem) par mètre de largeur utile.

CVOI : Concentration moyenne (idem) par voie.

Dans la mesure où nous définissons la voie comme unité de largeur adaptée aux dimensions du véhicule (par analogie avec les normes dimensionnelles relatives aux "unités de passage" définies par rapport aux dimensions de l'être humain), c'est sans doute cette dernière variable qui est la plus pertinente.

3.4.5.- Les obstacles potentiels

Il s'agit d'obstacles estimés - selon l'expérience du conducteur et sa connaissance du lieu - au delà de différentes barrières de visibilité.

Ces obstacles potentiels sont constitués, en tout premier lieu, par les autres véhicules pouvant déboucher sur le tronçon. Outre les véhicules stationnant sur ce dernier le long des trottoirs (mais ceux-là ne sont pas à proprement parler des "obstacles potentiels" dans la mesure où ils font partie intégrante de la scène visuelle dès l'entrée du tronçon), il s'agit de ceux, par définition invisibles pour le conducteur, qui peuvent surgir en certains endroits précis, en nombre relativement limité. Ces endroits sont avant tout les carrefours, les sorties de parkings et de stations-service, et les portes cochères utilisées comme telles (en général, elles sont repérables par un panneau d'interdiction de stationner, parfois accompagné d'une inscription "*sortie de véhicules*"). Comme précédemment, nous considérons que l'ensemble des carrefours et des portes cochères dans le tronçon est perçu par l'automobiliste comme un tout ; nous raisonnons donc en termes de densités : densité de portes cochères (quotient du nombre de portes cochères et de la longueur cumulée des façades de la paroi latérale considérée), densité de carrefours (nombre de carrefours par unité de longueur du tronçon).

Les carrefours

Dans la mesure où d'une part des tronçons débouchant par la gauche sont sans aucun doute perçus comme un "danger potentiel" bien moins important que des tronçons débouchant par la droite, d'autre part, à l'évidence, parmi ces derniers, seuls ceux orientés "droite-gauche" (par rapport au sens de circulation sur le tronçon étudié) sont "générateurs d'obstacles potentiels", nous proposons trois types de densités de carrefours :

DTGD : Densité de tronçons orientés droite-gauche débouchant à droite.

DTTD : Densité de tronçons de tous types débouchant à droite.

DCTT : Densité de carrefours de tous types.

Ces variables, liées à la configuration de l'infrastructure (i.e. l'organisation des tronçons les uns par rapport aux autres à l'intérieur du point-de-réseau) sont complétées par une variable liée au trafic : puisque - compte tenu des contraintes pour le choix du terrain d'étude - les automobilistes peuvent être

considérés comme des habitués du lieu où ils évoluent, on peut penser qu'ils ont une connaissance empirique, pour *chaque* carrefour - et plus précisément, pour **chaque tronçon débouchant par la droite** - du risque d'apparition d'un véhicule. Si nous disposons de mesures de trafic correspondant à ces tronçons, et pour peu que ces mesures soient représentatives, la **concentration** de trafic sur ces derniers peut être considérée comme un bon indice de la probabilité d'apparition d'un véhicule, donc du danger potentiel lié à ce carrefour (en effet, il est probable qu'un automobiliste connaissant son itinéraire aura tendance à être plus prudent au niveau des carrefours dont il sait - par expérience - qu'ils sont très "fréquentés"). Une fois encore, nous agrégeons cette supposée connaissance empirique du lieu en une seule variable relative au tronçon pris globalement : c'est la concentration de trafic (nombre de véhicules par cent mètres) moyenne, calculée sur l'ensemble des tronçons débouchant par la droite. Cette variable sera notée :

DVTD : Densité moyenne de trafic par tronçon venant de droite.

Les portes cochères

La seconde catégorie de "générateurs potentiels de véhicules", nous l'avons vu, est constituée par les portes cochères. Conformément à notre logique de caractérisation globale du tronçon, nous définissons les variables suivantes :

DPCD : Densité de portes cochères côté droit.

DPCG : Densité de portes cochères côté gauche.

Autres générateurs d'obstacles potentiels

Enfin, pour ce qui est de l'ensemble des autres types de "générateurs" que nous considérons comme "spéciaux" car en principe assez rares (sorties de parking, de station-service, de garage, de centre commercial, etc.), nous les prenons en compte par le biais d'une variable unique :

SPEC : Présence "d'items" spéciaux sur le tronçon.

En effet, il suffit de circuler dans un centre-ville pour se rendre compte que l'on trouve rarement plus d'un tel générateur d'obstacles particulier dans une rue donnée : le simple fait de signaler sa présence (ou son absence) est donc sans doute suffisant pour décrire le tronçon de ce point de vue.

Pour finir, signalons que parmi les obstacles potentiels, il faudrait, en bonne logique, intégrer le risque de voir un piéton surgir inopinément sur la chaussée. C'est là un aspect qui semble difficile à prendre en compte (même de façon très agrégée et schématique, par exemple en ayant recours à une densité moyenne de piétons sur les trottoirs du tronçon), car il présupposerait un recueil de données relatif à la fois aux véhicules et aux piétons, solution que nous jugeons irréalisable. On peut espérer qu'un choix judicieux du terrain d'étude (éviter les quartiers trop "animés") pourra pallier cette difficulté...

3.4.6.- Les obstacles légaux

Nous en arrivons à la dernière catégorie d'obstacles retenus par Gibson et Crooks, les obstacles dits "légaux", dont la présence à l'intérieur du FST (*Field of Safe Travel*) peut avoir un impact "limitateur de vitesse" important, bien que - rappelons-le - ce rôle reste limité.

En tout premier lieu, il est nécessaire de spécifier, pour un tronçon donné, s'il fait partie d'une rue à double sens ou en sens unique, ou en d'autres termes, s'il possède - ou non - un "tronçon-jumeau" correspondant au sens inverse au sien ; on peut en effet penser que le comportement du conducteur est influencé par la présence de ce dernier ; nous traduisons cette caractéristique du tronçon par la variable :

SENS : Nombre de sens de la rue dont fait partie le tronçon.

Dans une rue à double sens, le premier obstacle légal - sans doute le plus évident - est le complément réglementaire de la délimitation latérale du tronçon : il s'agit de la limite - matérialisée ou non par de la signalisation horizontale - entre un tronçon et son "jumeau" de sens inverse. Cette délimitation est nécessaire : nous avons défini plus haut la variable LUCT - largeur utile courante totale, complétée par des densités de goulots d'étranglement et d'élargissements - qui représente le "diamètre libre" du tuyau permettant de faire passer les flux automobiles ; si cette variable est suffisante dans le cas du tronçon à sens unique, elle doit être complétée par une largeur légale (en fait : la largeur de *circulation* utile du tronçon qui - ne l'oublions pas - est orienté) pour les rue à double sens de circulation. Cette largeur utile, nous proposons de la donner en nombre de voies, c'est-à-dire en ayant recours à une unité de mesure adaptée à la largeur de l'automobile :

VOIN : Nombre de voies utiles du tronçon.

La valeur de cette variable est évidemment égale (moyennant conversion du nombre de voies en mètres) à celle de LUCT dans le cas des tronçons faisant partie d'une rue à sens unique.

Nous complétons cette variable - essentielle, car c'est elle qui donne réellement la part de l'espace utilisable par les automobiles, au terme de *toutes* les délimitations, aussi bien physiques "fixes" et physiques "temporaires" (le stationnement) que légales - par une seconde variable, traduisant la largeur théorique légale de la chaussée *sans* le stationnement :

LACD : Largeur de la chaussée côté droit.

A propos de cette dernière variable, remarquons que d'une part, dans le cas d'un tronçon faisant partie d'une rue à sens unique, $LACD = LACT$, d'autre part qu'en l'absence de séparation légale matérialisée (par un ligne, interrompue ou non, sur la chaussée) entre deux tronçons jumeaux correspondant aux deux sens d'une rue à double sens de circulation, la valeur $LACD = LACT/2$ est adoptée. La présence ou non de la ligne de séparation entre tronçons jumeaux (ligne pouvant avoir un impact "sécurisant" considérable) est traduite par la variable :

MARQ : Marquage au sol¹⁸⁹.

Enfin, cette caractérisation du tronçon jumelé à son homologue "à contre-sens" sera complétée par une variable relative au trafic sur ce dernier : il semble en effet assez logique de penser qu'une forte densité de véhicules venant en sens inverse constitue une source de "danger potentiel" importante (à cause d'écarts toujours possibles : le croisement d'un véhicule comporte toujours une part de risque), surtout si la séparation entre tronçons jumeaux n'est pas matérialisée. Cette densité est l'homologue de la variable C100 (concentration moyenne par 100 m de tronçon) :

DVCG : Densité moyenne de véhicules en circulation côté gauche.

Notons que cette variable aurait pu être classée dans l'une des deux rubriques précédentes - *obstacles potentiels* ou *obstacles en mouvement* ; toutefois, nous considérons que la présence ou l'absence de ces véhicules est une conséquence d'une réglementation, donc qu'elle a pour origine une mesure légale.

189 Si nous ne prévoyons aucune variable traduisant la présence, sur le tronçon, d'un couloir bus (qui peut pourtant être considéré comme un "marquage au sol"), c'est que le cas d'une ligne d'autobus empruntant un tronçon d'échelle 0 est sans doute exceptionnel.

Les autres obstacles légaux, dont la prise en compte comme une nécessité se passe de commentaires, sont :

FEUX : Présence de signaux lumineux.

STOP : Présence d'un panneau "stop".

CEDP : Présence d'un panneau "cédez le passage".

LIMV : Présence d'un panneau de limitation de vitesse.

Il est clair que ces éléments de signalisation verticale ne peuvent être présents à l'intérieur d'un tronçon, par définition même de ce dernier, celui-ci devant pouvoir être considéré comme homogène d'un bout à l'autre, et caractérisé par des profils de vitesse de type "accélération-palier-décélération" (q.v.) ; leur présence constituerait *de facto* une coupure.

De ce fait, la méthode de décomposition des rues en tronçons (méthode que nous décrirons dans la partie 2 de ce mémoire) devra intégrer ces éléments parmi les critères de ce découpage.

Ainsi, nous pouvons dire dès à présent que signaux lumineux, panneaux "stop", panneaux de limitation de vitesse et panneaux "cédez le passage" sont des caractéristiques de la manière dont *peut* s'achever un tronçon ; les variables FEUX, STOP, CEDP et LIMV doivent donc être considérées comme complémentaires des variables ACHT (type d'achèvement du tronçon) et FONP (fond de perspective).

Enfin, le dernier obstacle "légal" que nous pensons devoir prendre en compte est le passage clouté (ou zébré), élément pouvant avoir une certaine importance en tant qu'indice de risque accru de traversée de piétons, donc de plus grande probabilité d'apparition d'un obstacle sur la chaussée. Suivant notre logique de caractérisation du tronçon comme un tout, nous définissons la variable :

DEPC : Densité de passages cloutés (ou zébrés).

La valeur de cette variable est le quotient du nombre de passages cloutés sur le tronçon et de la longueur totale de ce dernier. Nous ne revenons plus sur les limites de ce genre de variable (qui ne tient aucun compte, en particulier, ni de la position, ni de la distribution de ces passages cloutés sur le tronçon), dont l'objet est simplement de traduire une plus ou moins grande facilité légalement accordée aux piétons à empiéter localement sur le "domaine de l'automobile".

3.4.7.- Et la morphologie dans tout cela?

Nous venons d'opérer un choix de 61 variables ; de ces variables, représentées sous forme d'arbre à la **figure 5**, nous devons maintenant essayer de dégager celles pouvant être qualifiées de "morphologiques" : n'oublions pas que l'objectif de cette thèse est d'essayer de mettre en correspondance la "morphologie" et la "fonction" du réseau viaire.

Morphologie : cadre théorique

Pour effectuer cette dernière étape, nous nous référons (sommairement) aux travaux d'Alain Borie, Pierre Micheloni et Pierre Pinon¹⁹⁰, ces auteurs ayant traité de la forme urbaine dans une perspective analytique. Pour ces "typomorphologues", le réseau est l'une des composantes (ou "niveau") de la forme urbaine, au même titre que le niveau parcellaire, le niveau des masses bâties et le niveau des espaces libres, avec lesquels il entretient des relations (ou rapports) morphologiques de différents ordres (topologique, géométrique, dimensionnel), rapports qui se traduisent par des déformations. Pour prendre un exemple simple de déformation réciproque d'ordre géométrique entre niveau bâti et niveau viaire, les bâtiments peuvent imposer leur forme à la rue, et à l'inverse, une rue peut araser les bâtiments par sa figure propre¹⁹¹.

De cette méthode (que nous n'avons fait qu'esquisser à titre indicatif), nous retirons principalement la déclinaison de la "forme" en trois composantes :

- 1- la dimension
- 2- la géométrie
- 3- la topologie.

Ces trois notions sont intuitivement suffisamment claires pour que nous ne nous attardions pas à les définir :

-la première renvoie aux caractéristiques dimensionnelles des tronçons tels qu'ils ont été délimités ;

190 Le lecteur intéressé pourra se reporter notamment à deux ouvrages :

BORIE, A. ; MICHELONI, P. ; PINON, P. -*Formes urbaines et sites de méandres*, op.cit.

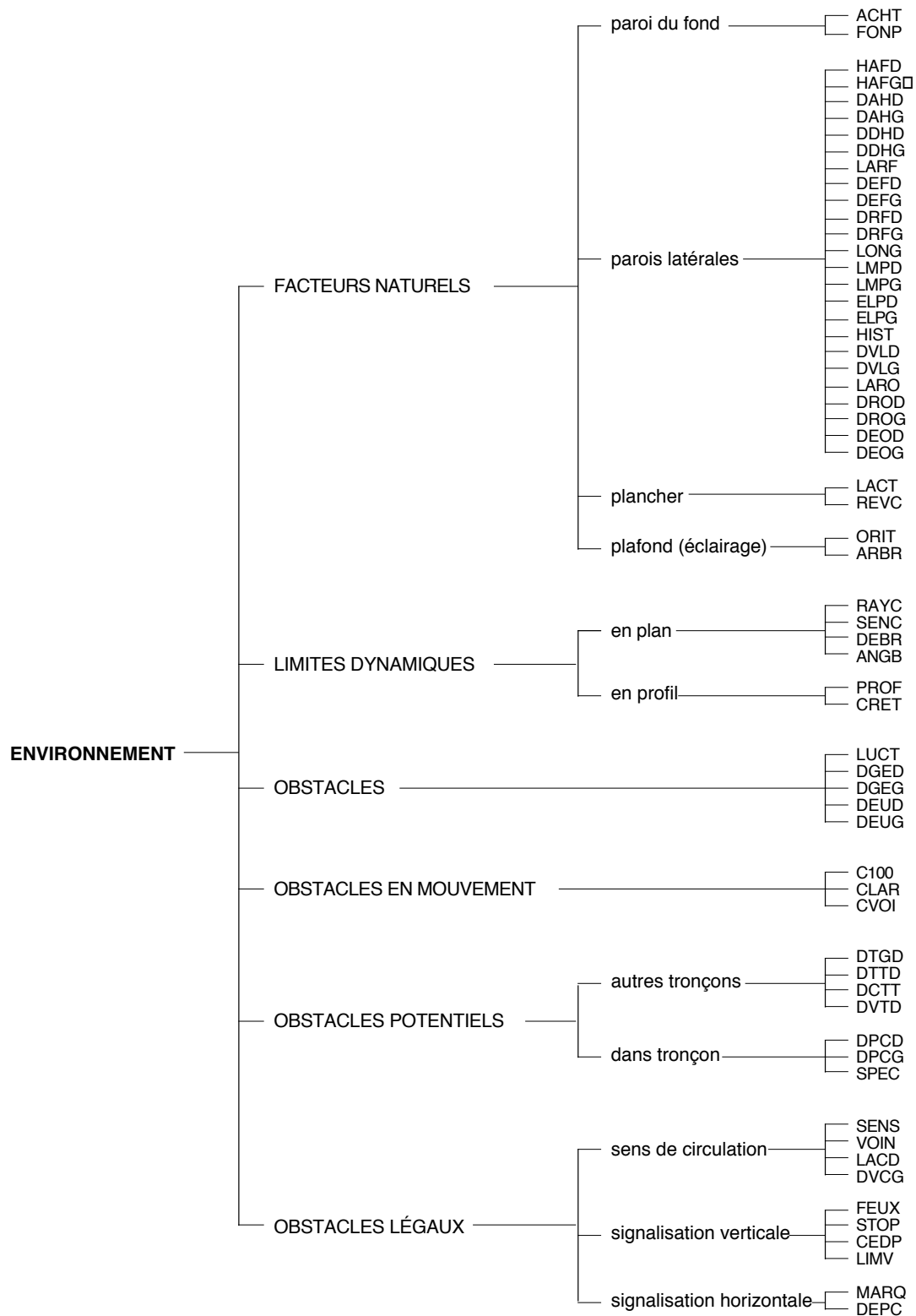
BORIE, A. ; MICHELONI, P. ; PINON, P. -*Forme et déformation des objets architecturaux et urbains*, GEFAU, 1984.

191 On notera à propos de cette méthode que le réseau viaire, bien que constituant un niveau à part entière, n'en est pas moins considéré uniquement comme un "espace non bâti" (bien que distinct du niveau des espaces libres), sans référence à sa vocation circulaire.

FIGURE 5

Arbre de déclinaison des variables

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



-la deuxième renvoie aux différents aspects (autres que dimensionnels) du tronçon pris isolément et assimilé à une figure géométrique ; ces aspects peuvent être relatifs à une, deux ou aux trois dimensions (droite, courbe, cercle, polygone, polyèdre, etc.) ;

-la troisième caractérise le "rapport" du tronçon avec d'autres tronçons (en particulier, positionnement et existence de "points de contact", c'est-à-dire d'intersections).

Il s'agit donc de passer en revue les 61 variables retenues, et de tenter de déterminer la "place" de chacune d'entre elles par rapport à l'une ou l'autre de ces notions. Les variables inclassables (car ne relevant ni de la dimension, ni de la géométrie, ni de la topologie) sont considérées comme des **variables de contrôle**, c'est-à-dire des variables pertinentes par rapport au comportement de l'automobiliste (elles sont censées influencer sur la vitesse pratiquée - il faut donc en tenir compte), mais ne pouvant être considérées comme décrivant la forme du tronçon. L'un des enjeux de cette thèse sera évidemment d'essayer de mesurer le "poids" des variables morphologiques par rapport à ces dernières.

Pour ce qui est de la classification proprement dite, si certaines variables peuvent être rangées sans ambiguïté dans telle ou telle catégorie, d'autres peuvent relever de deux - voire de trois - des thèmes évoqués plus haut.

Variables dimensionnelles

- HAFD : Hauteur courante des façades côté droit.
- HAFG : Hauteur courante des façades côté gauche.
- LARF : Largeur courante de façade à façade (au rez-de-chaussée).
- LONG : Longueur du tronçon.
- LARO : Largeur optique courante
- LACT : Largeur de chaussée totale.
- LUCT : Largeur utile courante totale.

Variables géométriques

- RAYC : Rayon de courbure moyen du tronçon (longueur / angle).
- SENC : Sens de la courbure (droite / gauche / multiple).
- DEBR : Densité de brisures.
- ANGB : Valeur moyenne de l'angle de chaque brisure

PROF : Profil (positif - pente ascendante, ou négatif - pente descendante).
CRET : Présence d'une ou plusieurs crêtes (ou "creux") sur le tronçon.

Variables topologiques

ACHT : Achèvement.
FONP : Fond de perspective.
DTGD : Densité de tronçons orientés droite-gauche débouchant à droite.
DTTD : Densité de tronçons de tous types débouchant à droite.
DCTT : Densité de carrefours de tous types.

Variables de contrôle

REVC : Revêtement de la chaussée.
C100 : Concentration moyenne (par 100 m de tronçon).
CLAR : Concentration moyenne (idem) par mètre de largeur utile.
CVOI : Concentration moyenne (idem) par voie.
SENS : Nombre de sens de la rue dont fait partie le tronçon.
DVCG : Densité moyenne de véhicules en circulation côté gauche.
DVTD : Densité moyenne de trafic par tronçon venant de droite.
FEUX : Présence de signaux lumineux.
STOP : Présence d'un panneau "stop".
CEDP : Présence d'un panneau "cédez le passage".
LIMV : Présence d'un panneau de limitation de vitesse.
DEPC : Densité de passages cloutés (ou zébrés).

Variables à la fois dimensionnelles et géométriques

En tout premier lieu, il s'agit de toutes les variables de densité de variations dimensionnelles, ainsi que des variables destinées à affiner ces dernières. Si nous ne les considérons pas comme purement dimensionnelles, c'est que nous estimons que le *découpage visuel* du tronçon et le *jeu de volumes* que ces variables traduisent - faisant intervenir, l'un et l'autre, des *rapports* de dimensions - caractérisent aussi des figures *géométriques* : pour prendre un exemple, deux damiers carrés de même taille mais comprenant 8x8 cases l'un, 4x16 cases l'autre ne sont pas identiques ; la différence tient aux *dimensions* de chaque case (bien

que leur nombre et leur surface soient les mêmes dans les deux cas), certes, mais également - en considérant chaque damier dans sa globalité - à la figure *géométrique* formée par chaque ensemble de cases. On considère donc comme à la fois dimensionnelles et géométriques les variables suivantes :

- DAHD : Densité d'augmentations significatives de hauteur côté droit.
- DAHG : Densité d'augmentations significatives de hauteur côté gauche.
- DDHD : Densité de diminutions significatives de hauteur côté droit.
- DDHG : Densité de diminutions significatives de hauteur côté gauche.
- DEFD : Densité d'élargissements significatifs par la droite.
- DEFG : Densité d'élargissements significatifs par la gauche.
- DRFD : Densité de rétrécissements significatifs par la droite.
- DRFG : Densité de rétrécissements significatifs par la gauche.
- HIST : Époque de création du tronçon.
- LMPD : Largeur moyenne des parcelles côté droit.
- LMPG : Largeur moyenne des parcelles côté gauche.
- ELPD : Ecart-type des largeurs de parcelles côté droit.
- ELPG : Ecart-type des largeurs de parcelles côté gauche.
- DROD : Densité de rétrécissements optiques significatifs par la droite.
- DROG : Densité de rétrécissements optiques significatifs par la gauche.
- DEOD : Densité d'élargissements optiques significatifs par la droite.
- DEOG : Densité d'élargissements optiques significatifs par la gauche.
- DGED : Densité de goulots d'étranglement de largeur utile par la droite.
- DGEG : Densité de goulots d'étranglement de largeur utile par la gauche.
- DEUD : Densité d'élargissements de largeur utile par la droite.
- DEUG : Densité d'élargissements de largeur utile par la gauche.
- ARBR : Présence ou non de rangées d'arbres sur trottoirs.

Pour ce qui est des arbres, leur présence modifie aussi bien la dimension (largeur du champ visuel) que la géométrie (rythme) du tronçon. La variable historique, quant à elle, est censée traduire - on l'a vu - les gabarits des façades de différentes époques.

Variables à la fois dimensionnelles, géométriques et topologiques

Une seule variable peut, à notre avis, avoir cette triple appartenance ; il s'agit de :

- ORIT : Orientation de l'axe du tronçon par rapport aux points cardinaux.

En effet, l'orientation du tronçon implique *de facto* une orientation par rapport aux autres tronçons, donc décrit - indirectement - les configurations des carrefours. Mais par ailleurs, cette variable a été choisie pour caractériser la position de la source lumineuse, donc des ombres propres et portées à l'intérieur du tronçon, caractéristiques relevant de la dimension et de la géométrie.

Variables à la fois dimensionnelles et de contrôle

VOIN : Nombre de voies utiles du tronçon.

LACD : Largeur de la chaussée côté droit.

MARQ : Marquage au sol.

Le statut de ces variables est particulier, dans la mesure où dans le cas d'un tronçon faisant partie d'une rue à sens unique, elles relèvent de la dimension seule, mais dans le cas contraire, elles sont la traduction d'une décision réglementaire qui n'apparaît pas forcément au niveau de la morphologie.

Variables à la fois géométriques et de contrôle

DPCD : Densité de portes cochères côté droit.

DPCG : Densité de portes cochères côté gauche.

DVLD : Densité de vitrines (calculée sur la longueur) côté droit.

DVLG : Densité de vitrines (calculée sur la longueur) côté gauche.

SPEC : Présence "d'items" spéciaux (générateurs de trafic) sur le tronçon.

Ces variables traduisent la présence ou non, sur les parois latérales, d'éléments qui transforment les caractéristiques géométriques de ces dernières ; cependant, même en admettant que les transformations formelles du tronçon qui en résultent ont une influence sur le comportement des conducteurs, l'essentiel de cette dernière tient sans doute à d'autres facteurs que morphologiques : par exemple, on peut penser que dans le cas des portes cochères, l'éventuelle modification de comportement résultant de leur présence tiendrait plus au risque potentiel qu'elles engendrent en tant que "génératrices de trafic".

Le résultat de ce regroupement de variables par catégories est représenté sous une forme synoptique à la **figure 6**.

Par ailleurs - complément sans doute utile à la clarté de notre propos - l'**annexe 2** comprend un dictionnaire (ou **lexique alphabétique**) de toutes ces variables.

3.5.- Bilan : modèle de fonctionnement du point-de-réseau

3.5.1.- Une construction fondée sur trois référents théoriques

Il peut être intéressant de jeter un regard rétrospectif sur le travail accompli au terme de cette première partie.

Partant de la question initiale - l'influence de la morphologie d'un élément de voirie urbaine sur la vitesse des véhicules qui le parcourent - nous avons commencé par rechercher des outils théoriques susceptibles d'y répondre ; ces outils ont été trouvés dans le domaine de la psychologie des comportements, base d'un cadre conceptuel issu d'une synthèse d'un certain nombre de modèles.

Nous nous sommes ensuite référés à la théorie territoriale des réseaux dont certains éléments ont été utilisés pour délimiter un domaine d'étude approprié - le point-de-réseau ; la pertinence de l'extension de ce concept à la voirie urbaine nécessite cependant une vérification empirique.

Sur la base de ce double cadre théorique, le modèle d'analyse fonctionnelle du point-de-réseau a été proposé ; ce modèle a été bâti en quatre temps :

1- Pour commencer, à partir d'une réflexion sur les niveaux de la tâche de conduite et la notion de danger potentiel (risque), nous avons proposé un principe général de découpage du point-de-réseau (domaine d'analyse pertinent vis-à-vis de la question initiale) en tronçons d'échelle 0 ; suivent les principales étapes du raisonnement :

- Le déplacement en automobile est une succession d'événements (orientée par une finalité stratégique : par exemple, se rabattre au plus vite sur un grand axe) ;

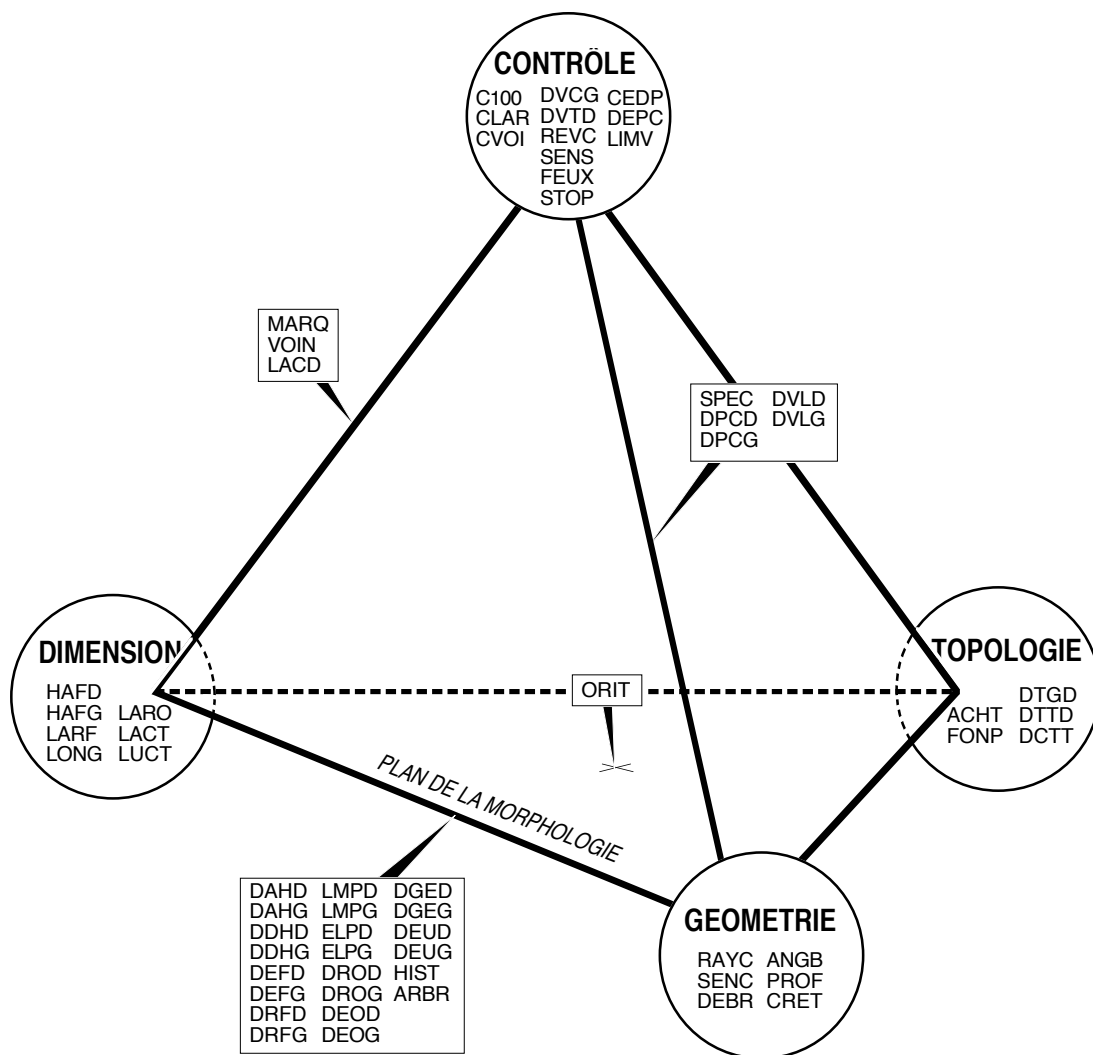
- En certains endroits du trajet, le niveau de danger potentiel (apparition imprévisible d'un obstacle) est significativement plus élevé : ce sont les "points-à-risque" ;

FIGURE 6 Pyramide des variables

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

Dans cette représentation, chaque sommet de la base de la pyramide (plan horizontal, ou "plan de la morphologie") représente l'une des trois notions formelles. Le quatrième sommet est celui des variables de contrôle.

- Une variable située sur un sommets de la pyramide est relative à la notion que ce dernier représente.
- Une variable située sur une arête de la pyramide relève des deux notions constituant les extrémités de cette arête.
- Une variable située sur une face de la pyramide relève des trois notions appartenant à (et définissant) cette face.
- Une variable située à l'intérieur de la pyramide (dans le volume) relèverait des quatre sommets à la fois.



-Entre deux points-à-risque successifs, le trajet peut par définition être considéré comme relativement homogène en termes de danger potentiel : une méthode d'analyse fondée sur le comportement régi par des niveaux de conscience peu élevés (modèle de Gibson et Crooks, l'un des modèles ayant servi de pilier au "cadre intégral" de Yarob Badr) peut donc y être appliquée.

-Nous définissons le tronçon - segment de voie d'échelle 0 comprise entre deux points-à-risque successifs - comme étant l'unité pertinente d'analyse du comportement du conducteur. Latéralement, le tronçon est délimité par les deux rangées de parcelles qui le bordent (définition conforme à la rue des "typomorphologues").

2- Des options d'analyse de ces tronçons ont ensuite été choisies : ces derniers ont ainsi été considérés comme des entités élémentaires indissociables, pouvant chacune être décrite *globalement* par des variables fonctionnelles (élaborées à partir des vitesses - traduction mesurable des comportements des automobilistes) et par un grand nombre de variables morphologiques ; le choix de ces options a débouché sur la traduction de la question initiale sous forme d'hypothèse fondamentale (sous-détermination de la fonction par la morphologie) dont la validité sera testée au moyen d'une mise en correspondance entre les deux types de variables.

3- La description fonctionnelle du tronçon a été faite en deux étapes :

La première a consisté à bâtir un indicateur pertinent de comportement moyen d'un automobiliste dans un tronçon ; pour cela, des hypothèses simplificatrices ont été retenues, fondées sur des travaux de recherche traitant de la conduite en ville (notion de macro-performance, et existence d'un "profil-type des vitesses", caractérisé par une succession relativement invariable de phases d'accélération, de paliers, et de décélérations) ; grâce à ces hypothèses, le respect de contraintes dimensionnelles simples au niveau de la délimitation longitudinale du tronçon (dont la longueur ne devrait pas dépasser 200 à 300 mètres) suffit pour que le comportement moyen d'un automobiliste soit directement mesurable par la vitesse moyenne de parcours du tronçon de bout en bout, le conducteur étant supposé "régler" sa vitesse prévue pour le tronçon *dans son intégralité* sur la base de la scène visuelle correspondant au tout début du parcours de ce dernier.

La seconde étape correspond au passage du niveau individuel au niveau collectif par le biais de la *moyenne arithmétique* de ces vitesses moyennes de parcours du tronçon par un échantillon quelconque d'automobilistes ; l'agrégation en question a là encore pu être réalisée grâce à une série d'hypothèses simplificatrices, fondées principalement sur des travaux établissant des "typologies de conducteurs" (et montrant donc que dans une certaine mesure, caractéristiques personnelles et comportement au volant sont liés) et sur une réflexion sur le rôle "homogénéisant" d'un terrain d'étude idoine (zone de bureaux dépourvue de "vie de rue", à l'heure de pointe du soir).

4- La dernière étape d'élaboration du modèle d'analyse est relative à la description de cette scène visuelle, ou en d'autres termes, à la description morphologique du tronçon. Pour cela, nous avons repris le modèle de Gibson et Crooks (q.v.), selon lequel les éléments "limitateurs de vitesse" de cet "émetteur d'informations visuelles" qu'est l'environnement de l'automobiliste sont regroupés en six groupes : les facteurs naturels, les limites dynamiques, les obstacles fixes, les obstacles en mouvement, les obstacles potentiels, les obstacles légaux ; chacun de ces éléments a été décliné en un certain nombre de variables (une soixantaine en tout) décrivant le tronçon selon ses aspects censés influencer sur la vitesse. Parmi toutes ces variables, en référence à la "typo-morphologie" - troisième élément théorique de notre cadre conceptuel - nous avons finalement dégagé celles pouvant être considérées comme morphologiques, les autres variables devenant des *variables de contrôle*.

3.5.2.- Des présupposés pas forcément consensuels

Outre le fait d'être très fortement teinté de positivisme, notre travail s'appuie sur une *psychologie du comportement* qui est loin de faire l'unanimité. Remarquons cependant qu'il ne s'agit pas d'adopter sans esprit critique une théorie "behavioriste" existante et de l'appliquer sans discernement.

Notre propos est que le champ de vision d'un conducteur se présente à ce dernier comme une scène visuelle, émettrice d'informations ; ces informations passent par le filtre de la "perception" (vision, influx nerveux) pour arriver au cerveau sous forme d'information pure, où elle est **traitée** ; ce terme est

important : il signifie en particulier que le conducteur ne règle pas son comportement sur sa perception de l'environnement de manière déterministe, mais sur l'interprétation qu'il en fait, processus mettant en jeu notamment ses connaissances et son expérience préalables. Nous rejoignons sur ce point Claude Bonnet (co-auteur du *Traité de la Psychologie cognitive*)¹⁹² pour qui la perception est un processus de traitement de l'information sensorielle en trois étapes :

-la première met en jeu des mécanismes fonction du stimulus et des informations que ce dernier véhicule, mais également des caractéristiques du système sensoriel ;

-la seconde est une structuration de l'information par regroupement en "unités plus globales" ;

-la troisième étape, cognitive, consiste à identifier objets ou événements perçus et structurés au cours des deux étapes précédentes.

Nous pensons cependant que certaines tâches suffisamment "rôdées" peuvent être analysées *comme* des automatismes (ce qui ne signifie pas qu'elles le soient ; c'est le fameux "tout se passe comme si..." ; notre modèle est donc bien plus un modèle descriptif qu'un modèle explicatif¹⁹³), du type action/réaction... tout au moins en première approximation : dans notre modèle - par nature **réductionniste** d'une réalité **complexe** - on présuppose que les réactions à certaines actions sont suffisamment invariantes et suffisamment importantes pour être mesurables, et que parmi ces actions, l'information émise par la *forme* n'est pas négligeable.

192 BONNET, C. - "La Perception visuelle des formes", in : BONNET, C. ; GHIGLIONE, R. ; RICHARD, J.-F. - *Traité de Psychologie cognitive*, vol.1, Dunod, 1989.

193 Si l'on adopte une "typologie" de modèles visant à différencier :

(1)- modèles descriptifs (organisation de données);

(2)- modèles explicatifs (liens de cause à effet, enchaînements d'évènements, mécanismes explicatifs);

(3)- modèles prédictifs (connaissance du cheminement entre deux "états" d'un système);
notre modèle serait à classer dans la catégorie (1), au mieux entre les deux premières catégories - mais sans doute plus proche de la première : en effet, notre propos n'est pas d'expliquer pourquoi des variables morphologiques agissent de telle ou telle manière sur le comportement (la vitesse), mais simplement d'explorer cet univers de variables et d'essayer d'y mettre en évidence les articulations et les structures.

Nous venons d'employer deux termes - complexité et réductionnisme - souvent considérés comme opposés, incompatibles : généralement, réductionnisme est synonyme de "*découpage de la réalité en éléments simples afin de découvrir les propriétés qui appartiennent en propre à tel ou tel élément*"¹⁹⁴. Cela étant, il est nécessaire de "*distinguer 'réductionnisme méthodologique' et 'réductionnisme ontologique'*". *Le scientifique qui adopte une démarche réductionniste ne postule pas que l'élément étudié fonctionne indépendamment des autres, ni que cet élément soit le plus déterminant*"¹⁹⁵.

Ainsi, le travail de modélisation que nous proposons consiste en une décomposition-recomposition : après avoir éclaté en variables un certain nombre d'aspects qu'une recherche bibliographique préalable et l'intuition nous font qualifier de pertinents, nous tentons de mettre en évidence l'effet de ces variables en les prenant en compte **toutes en même temps** afin de mesurer leurs rôles respectifs dans le comportement du conducteur...

Mais il est évidemment hors de question de vouloir expliquer la vitesse pratiquée par les seuls effets de l'environnement perçu, et encore moins de réduire cet environnement perçu au seul aspect "morphologique". Afin de mettre toutes les chances de notre côté au cours de la démarche qui - idéalement - devrait aboutir à une hiérarchisation des variables morphologiques (distinguer celles dont le poids est important de celles qui influencent peu la vitesse du conducteur), nous avons procédé par éliminations successives pour délimiter un objet d'étude (réseau d'échelle 0, délimitation rigoureuse du tronçon, réduction du champ de possibilité quant au choix du terrain d'étude) pour lequel la morphologie puisse jouer un rôle significatif dans le comportement de l'automobiliste, c'est-à-dire pour lequel ce rôle - s'il existe - ne soit pas "masqué" par celui (sans doute largement prépondérant pour des terrains d'étude différents) de variables d'une autre nature ; en somme, nous étudions les "effets de la morphologie"... tout en sachant que dans bien des cas, ils ne sont que des effets de "second ordre" par rapport à ceux d'autres facteurs.

194 CHANGEUX, J.-P. - "Le cerveau et la complexité", in *Sciences humaines*, n°47, février 1995, pp.24-26

195 même référence ; c'est nous qui soulignons.

3.5.3.- De nombreuses hypothèses simplificatrices

Ces quelques précisions étant apportées, il est un autre point sur lequel nous aimerions insister. A la lecture du chapitre 3, il apparaît que la pertinence du modèle proposé est fortement limitée par un ensemble d'hypothèses simplificatrices, constituant autant de postulats. Quid, dans ces conditions, de la validité des résultats ?

C'est là une question cruciale : en fait, nous ne pouvons qu'espérer que le reflet de la réalité que peut donner notre modèle n'est pas trop déformé ; mais il le sera de toutes façons, par définition même d'un modèle, dont l'objet n'est pas de reproduire la réalité (ce ne serait plus un modèle, mais une réplique, une copie), mais de trouver et d'articuler entre eux des *indices* qui schématisent cette dernière de la manière la moins mauvaise possible compte tenu du niveau de détail adopté (dicté notamment par des critères de faisabilité). Ces indices (nos variables) sont issus d'un choix ; nous l'avons déjà dit, tout choix comporte une part d'arbitraire : bien que nous ayons disposé d'une "boîte à concepts" de premier ordre (le modèle de Gibson et Crooks ainsi que les résultats de recherches empiriques sur le comportement du conducteur), ce qui nous permet d'affirmer que nous n'avons vraisemblablement oublié aucun aspect essentiel de description du tronçon, l'arbitraire se situe au niveau de la déclinaison des concepts retenus en variables : le fait d'en avoir choisi certaines plutôt que d'autres résulte d'un mélange de deux facteurs :

- l'intuition, conditionnée par une expérience **personnelle** de la tâche de conduite, ce qui peut être gênant du fait de ma (dé-)formation d'architecte ;

- la prise en considération des aspects pratiques de ce type de recherche, notamment sa faisabilité. Il était ainsi hors de question de décrire chaque tronçon par plusieurs centaines (et, pourquoi pas, plusieurs milliers) de variables, en intégrant des caractéristiques morphologiques très fines : modénature et couleur des façades, styles architecturaux, précision de la nature des commerces liés aux vitrines ainsi que celle des "items spéciaux", finesse bien plus grande des aspects volumétriques des immeubles bordant le tronçon, et ainsi de suite...

Si nous sommes restés à un niveau de détail plus restreint (ce qui est valable aussi bien pour le "fonctionnel" que pour le "morphologique"), c'est que cela semblait suffisant dans le cadre d'une recherche qui se veut avant tout exploratoire. Une telle démarche s'imposait d'ailleurs dans un domaine où il

n'existe pas à proprement parler de théorie unifiée et où le recours à l'expérimentation est de ce fait de mise : il s'agit de "se lancer"... avec le risque de ne pas obtenir de résultats, ou d'en obtenir qui soient par trop tributaire des hypothèses simplificatrices et des spécificités du type de terrain d'étude qui en découle. Mais c'est un risque que nous avons accepté de courir.

3.5.4.- Une approche multicritère dans un cadre urbain

Enfin, toujours dans le cadre de cette discussion sur la pertinence du modèle et le choix des variables retenues, on pourrait s'étonner d'en trouver, parmi ces dernières, qui ont déjà été testées sur d'autres terrains d'étude ; pour ne donner qu'un exemple, nous pouvons citer le travail de J.M. Gambard et G. Louah (du SETRA), qui, s'intéressant à l'influence sur la vitesse de différents éléments de la géométrie de la route en rase campagne, a démontré le rôle prépondérant du rayon de courbure et de la pente¹⁹⁶. De même, au moment de bâtir certaines de nos hypothèses simplificatrices, nous nous sommes fondés sur des résultats existants. Cette volonté de tester ce qui semble être des acquis tient essentiellement à deux raisons :

- La première, nous y avons déjà fait allusion plus haut : il nous semble en effet nécessaire de tester le comportement non pas comme une réaction simple à un stimulus isolé, mais comme une *"interaction entre la totalité des éléments qui constituent un organisme - un individu, un automobiliste, un piéton [...] - et la totalité des éléments qui constituent son environnement"*¹⁹⁷, donc d'une manière "systémique" en prenant en compte (mais de manière simplifiée) **la totalité des éléments de l'environnement en même temps**.

- La spécificité d'un cadre urbain complexe est sans doute suffisante pour justifier la nécessité de vérifier des résultats obtenus en rase campagne ou dans des cas "simples" (grande rue traversant une petite agglomération). Cette spécificité a été mise en évidence par Gabriel Moser qui montre, par un examen des conditions de vie urbaines, que ce type d'environnement peut réellement être considéré comme particulier, méritant d'être traité comme un cas à part

196 GAMBARD, J.-M. ; LOUAH, G. - *Vitesses pratiquées et géométrie de la route*, SETRA, Bagneux, 1986.

197 FICHELET, R. - "Les déterminants des comportements des usagers de la route", in CETUR, *Vitesse et sécurité en ville - Action sur les comportements et choix des équipements*, compte rendu de la journée nationale d'étude, Grenoble, 1985, p.13.

entière¹⁹⁸. Ne peut on penser, dans ces conditions, que le comportement du conducteur puisse être complètement différent dans un tel cadre ?

198 MOSER, G. -*Les stress urbains*, Armand Colin, Paris, 1992.

PARTIE 2

-

Terrain et méthode d'analyse

Les théoriciens font des expériences dans leur tête ; les expérimentateurs, eux, doivent en plus se servir de leurs mains. Les théoriciens sont des penseurs, les expérimentateurs des artisans. [...] Le théoricien invente ses propres compagnons, comme un naïf Roméo inventerait sa Juliette idéale. Les amours de l'expérimentateur, elles, transpirent, se plaignent, et pètent.

J. GLEICK

INTRODUCTION

Cette seconde partie constitue une étape intermédiaire entre la théorie - le modèle d'analyse - et la phase de confrontation de ce modèle avec une réalité observée - l'épreuve des faits.

Avant d'aborder cette dernière, il est en effet nécessaire de trouver un terrain d'étude conforme aux exigences de cette recherche, de "préparer" ce terrain de façon à le rendre compatible avec le modèle d'analyse (ce qui inclut sa décomposition en tronçons et leur codification sous une forme adéquate), et de choisir une méthode de traitement de l'information recueillie.

A priori, cette phase ne devrait poser aucun problème, dans la mesure où, au cours de la première partie, des critères précis orientant fortement le choix, la délimitation et la décomposition du corpus d'analyse ont été fixés : points-de-réseau appartenant à des zones urbaines spécifiques et observés à des heures particulières, options de décomposition de ces points-de-réseau en tronçons, données à collecter.

De prime abord, il semblerait donc qu'il ne reste plus qu'à préciser ces critères, en particulier fixer des règles pour distinguer les voies d'échelle 0 des axes de rabattement, définir plus explicitement la notion de "point-à-risque" (essentielle pour le découpage de rues en tronçons) et sélectionner des zones urbaines appropriées. Sur ce dernier point, nous pensions avoir l'embarras du choix... Mais au fur et à mesure que nous progressions dans notre travail de terrain, il s'est avéré que cet optimisme était loin d'être fondé : là où nous pensions trouver des données à foison, il n'y avait qu'un grand vide¹⁹⁹.

Le principal facteur limitant étant l'absence de données de trafic suffisamment fines pour servir nos desseins, c'est par la présentation de la démarche suivie (chapitre 4) pour tenter de s'en procurer malgré tout que nous commençons cette seconde partie ;

le chapitre 5 est entièrement consacré au terrain d'étude et à sa modélisation : choix (fortement orienté par la disponibilité des données de trafic), définition des points-de-réseau et leur découpage en tronçons, recueil des données

¹⁹⁹ Ce présupposé quant à la disponibilité d'informations (notamment sur le trafic automobile) fut d'ailleurs à l'origine de tâtonnements et d'erreurs d'organisation assez dommageables : arrivé au stade du travail sur le terrain, et dans le souci de disposer de "morphologies de voies" aussi diversifiées que possible, j'ai commencé par sélectionner (au cours de séances de consultation de cartes détaillées à l'IGN et de visites *in situ*) des zones urbaines sur la seule base de critères morphologiques, étant sûr de trouver des données de trafic en temps opportun ; la désillusion fut brutale...

morphologiques, options de calcul des variables sélectionnées à partir de ces dernières, validation du "modèle" de point-de-réseau... et donc validation *a posteriori* de la modélisation proposée du terrain ;

enfin, le chapitre 6 donne un aperçu de la méthode d'Analyse des correspondances multiples - outil d'analyse multidimensionnelle que nous avons estimé être le mieux adapté à la logique d'ensemble de ce travail.

CHAPITRE 4. - DONNEES DE TRAFIC URBAIN : UNE DENREE RARE

Introduction

Au chapitre 3 ont été évoquées deux grandes familles de méthodes de recueil de données relatives à la circulation automobile : celles où l'automobiliste *sait* qu'il fait l'objet de "mesures", et celles où il ne le sait pas (collecte "anonyme").

A cette occasion, il a été précisé que seules les techniques faisant partie de la seconde famille étaient susceptibles d'être utilisées dans le cadre de ce travail.

En effet, que le recueil soit réalisé en situation réelle (conduite d'un véhicule équipé en instruments de mesure sur un parcours pré-programmé, avec ou sans "observateur" embarqué), en simulateur, ou *via* questionnaires avec ou sans projection de films ou de diaporamas, les techniques de la première famille semblent inadaptées à la problématique choisie pour les deux raisons suivantes :

d'une part, la présence d'un observateur (terme à prendre au sens large : d'une certaine manière, des instruments de mesure équipant un véhicule peuvent être considérés comme un "observateur") est susceptible de modifier radicalement le comportement de l'automobiliste ;

d'autre part, le modèle d'analyse proposé étant par construction limité aux seuls "automatismes", une méthode de recueil de données faisant appel à des niveaux de conscience élevés du conducteur serait forcément inappropriée (ce qui exclut les méthodes par questionnaires, où le sujet interrogé doit "imaginer" quelle serait sa réaction dans telle situation).

Mais avant d'aborder la question de la démarche suivie pour trouver des données de trafic idoines, il est nécessaire de dresser un bilan des principales techniques anonymes de leur collecte : d'une certaine manière, ces techniques constituent en effet un "champ de possibilités", orientant *de facto* le choix du terrain d'étude.

4.1.- Les techniques de recueil de variables de trafic²⁰⁰

La principale source de données de trafic est le recueil par des appareillages désignés sous le terme générique de *capteurs*. Il existe de nombreux types de capteurs permettant la mesure directe ou indirecte des variables de circulation. En général, il s'agit d'éléments sensibles à une grandeur physique : la vitesse, la présence, le passage d'un véhicule. Notre propos n'est pas de dresser ici une liste complète des techniques existantes en la matière : dans la mesure où celles-ci évoluent assez rapidement (recherches en cours sur le capteur vidéo, entre autres), nous nous contentons de mentionner les plus courantes, celles qui ont "fait leurs preuves" en de nombreuses occasions, et dont on commence à connaître les principaux avantages et les principales limites²⁰¹.

4.1.1.- Les capteurs pneumatiques

Ce type de capteur est constitué d'un câble en caoutchouc tendu en travers de la chaussée et relié à un détecteur ; l'écrasement du câble provoque une surpression détectée par un manomètre actionnant un relai : ce système compte donc le nombre d'essieux qui passent (on divise par 2 pour obtenir le nombre de véhicules). Facile à poser et autonome, ce système est assez cher et fragile (il peut être arraché par un véhicule lourd), et le taux d'erreur peut atteindre et dépasser 20 % en régime saturé (c'est énorme : rappelons que quelques % suffisent pour passer d'un régime fluide à un régime saturé).

4.1.2.- Boucles électromagnétiques

Actuellement, c'est sans doute le dispositif le plus répandu ; il consiste en une boucle inductive noyée dans le revêtement de la chaussée, détectant la variation du champ électromagnétique provoquée par le passage d'un véhicule (masse métallique), laquelle se traduit par un "créneau de tension" dont les

200 Dans ce paragraphe, on s'appuie essentiellement sur l'ouvrage de synthèse :

COHEN, S. -*Ingenierie du trafic routier, éléments de théorie du trafic et applications*, op. cit.

201 Nous laissons donc de côté les techniques expérimentales, comme par exemple le géocomptage des véhicules, système fondé sur la "signature sismique" de ces derniers (Cf. CETUR -*Déplacements - indicateurs de circulation*, n°6, 1991).

caractéristiques permettent de connaître la longueur et le temps de passage du véhicule. L'installation de deux boucles inductives proches l'une de l'autre permet de connaître la vitesse instantanée des véhicules. La technique des boucles électromagnétiques présente l'avantage d'être bon marché et robuste (durée de vie importante) ; sa grande faiblesse est la dépendance de sa fiabilité à la qualité des réglages et de la maintenance.

4.1.3.- Les détecteurs acoustiques

D'emploi courant au Japon mais peu répandus en Europe et aux Etats-Unis malgré la facilité de leur maintenance, ces détecteurs sont constitués par une antenne directive émettant une onde ultra-sonore ; une partie de cette onde est réfléchiée lors du passage d'un véhicule dans l'aire de détection du dispositif ; une fraction de cette onde réfléchiée est captée par un récepteur, ce qui permet de calculer le taux d'occupation de la route.

4.1.4.- Les radars à effet Doppler-Fizeau

Il s'agit d'une antenne directive émettant une onde électromagnétique dont une fraction - après réflexion sur le véhicule - est captée par la même antenne ; la différence entre fréquence émise et fréquence réfléchiée est proportionnelle à la vitesse instantanée du véhicule, ce qui permet de calculer la valeur de cette dernière avec une précision de l'ordre de 2 km/h pour des vitesses inférieures à 100 km/h.

4.1.5.- Techniques "à vue"

Nous regroupons sous cette rubrique toutes les techniques fondées sur la vision, naturelle ou artificielle, ce qui inclut l'observation directe *in situ*²⁰², par

202 Des enquêteurs munis de formulaires de comptage (*traffic count sheets*) et placés en des endroits clé du réseau viaire (par exemple à certains carrefours) dénombrent en temps réel les véhicules qui passent ; il s'agit évidemment d'une technique archaïque, mais fiable, et pouvant rendre de grands services notamment pour des études ponctuelles. Cf. :

photographie aérienne ou par l'intermédiaire de caméras fixes installées à certains endroits de l'infrastructure. Avec le développement des capteurs vidéo, ces techniques (les deux dernières) sont sans doute promises à un avenir faste (nous reviendrons sur cette question un peu plus loin, dans le cadre d'un paragraphe entièrement consacré à la photographie aérienne).

4.2.- Où trouver les données ? Des débuts difficiles

Ce rapide aperçu montre que les techniques de collecte de variables de trafic sont répandues, relativement fiables (à condition de respecter un minimum de règles de mise en œuvre et de maintenance) et souvent peu onéreuses de surcroît. *A priori*, il ne semblait donc pas déraisonnable de penser qu'il n'y aurait aucune difficulté à se procurer de telles données ; la réalité fut malheureusement toute autre. Si nous avons décidé de consacrer une grande partie de ce chapitre à la démarche suivie pour recueillir les informations nécessaires à cette étude, c'est que la durée de cette phase était loin d'être négligeable (même à l'échelle du travail de longue haleine qu'est une thèse)... et que de plus, la constitution d'une base de données, avec toutes les difficultés qui y sont liées, fait également partie - lorsque cela s'avère nécessaire - du travail du chercheur.

4.2.1.- Enquêtes téléphoniques préalables

L'objet de cette première approche était de trouver les sources potentielles d'informations :

Par qui sont réalisées les mesures ?

Qui détient les bases de données de trafic ?

Quelles démarches faut-il faire pour se les procurer ?...

Les personnes "enquêtées" étaient choisies sur la base d'une recherche bibliographique préalable, c'est-à-dire en fonction de certains de leurs travaux ayant manifestement nécessité l'accès à des données sur le trafic urbain. Parmi les organismes contactés - et sans entrer dans le détail : l'IAURIF (Institut

CLAUS, R.J ; HARDWICK, W.G. -*The mobile consumer : automobile-oriented retailing and site selection*, Collier-Macmillan Canada, Ltd, 1972.

d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Île-de-France), l'INRETS (Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité), le SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes) et le CETUR (Centre d'Études des Transports Urbains).

Le bilan de cette pré-enquête peut se résumer par une petite liste - celle des services qui réalisent (ou font réaliser) les comptages de véhicules, et donc auxquels il faut s'adresser pour obtenir les données désirées ; il s'agit essentiellement :

- à l'échelon national, du SIER (Service Interdépartemental d'Exploitation Routière) ;
- à l'échelon départemental, des D.D.E. (Directions Départementales de l'Équipement), plus précisément des C.D.E.S. (Cellules Départementales d'Exploitation et de Sécurité), éventuellement des Conseils Généraux ;
- à l'échelon communal, les services techniques des mairies.

Une seconde enquête téléphonique a été menée auprès de ces services ; le résultat de la démarche peut être décrit schématiquement comme une série de "renvois successifs descendants" : à en croire le SIER (échelon national), la seule chance d'obtenir des données urbaines aussi fines est de s'adresser aux C.D.E.S. (échelon départemental) ; similairement, les C.D.E.S. conseillent de contacter les services techniques communaux.

4.2.2.- Enquête par questionnaire

Partant de là, il s'agissait de trouver le meilleur moyen d'établir un état des lieux en matière de données de trafic "fines" réalisées par les communes. Comme nous n'avons aucune préférence particulière quant à la situation du terrain d'étude, nous avons décidé de "brasser large" dans un premier temps (quelles sont les communes ayant effectué de tels comptages ?), puis d'effectuer un choix selon des critères à définir, par exemple la variété des configurations morphologiques du réseau viaire.

Afin d'avoir un aperçu aussi complet que possible des données de trafic à l'échelle locale, un court questionnaire a été envoyé aux services techniques des 600 plus importantes communes de France - celles figurant dans l'*Annuaire des Ingénieurs des Villes de France*.

Dans ce questionnaire (dont on trouvera en **annexe 3** le modèle), les trois points cruciaux étaient la question 1 (*Une ou plusieurs opérations locales de comptage de véhicules ont-elles été menées sur le territoire de votre commune ?*), la question 7 (*Ces comptages ont-ils été faits sur la totalité des carrefours et/ou tronçons de la zone des mesures ?*) et la question 9 (*Accepteriez vous que les résultats de ces comptages soient exploités dans le cadre d'une thèse de Doctorat ?*).

300 communes ont répondu au questionnaire (sur les 600 "enquêtées"), et le dépouillage des réponses, réalisé en fonction des trois questions mentionnées ci-avant, a donné les résultats suivants :

- **13 communes** affirment avoir effectué des opérations de comptage de véhicules *exhaustives* (y compris sur le réseau de desserte locale) sur tout ou partie de leur territoire, et seraient d'accord pour que les résultats soient utilisés dans le cadre d'une thèse ;

- **3 communes** disent avoir effectué des opérations de comptage de véhicules *exhaustives* (y compris sur le réseau de desserte locale) sur tout ou partie de leur territoire, **mais** refusent de communiquer les résultats ;

- **202 communes** signalent avoir effectué des opérations de comptage de véhicules *non exhaustives* (sur certains axes seulement) sur tout ou partie de leur territoire, et seraient d'accord pour que les résultats soient utilisés dans le cadre d'une thèse ;

- **25 communes** disent avoir effectué des opérations de comptage de véhicules *non exhaustives* (sur certains axes seulement) sur tout ou partie de leur territoire, **mais** refusent de communiquer les résultats ;

- **57 communes** n'ont pas effectué d'opérations de comptage.

Si le taux de réponse est élevé (50% très exactement), les résultats de cette démarche sont plutôt décevants : certes, dans la grande majorité des communes enquêtées, des opérations de comptages de véhicules ont été réalisées (souvent, elles sont effectuées en permanence par boucles magnétiques en certains points de la chaussée) ; mais ces comptages n'ont pas le caractère exhaustif nécessaire à notre recherche : ils ne concernent que les axes principaux, ceux qui supportent les flux de trafic routier les plus importants (et correspondant probablement à nos "axes de rabattement").

Au vu du faible nombre de réponses stipulant des comptages exhaustifs, la seconde phase de la démarche que nous avons prévue - l'envoi d'un deuxième questionnaire aux communes possédant des données fines pour demander si les comptages de véhicules sont complétés par des mesures de vitesses - s'est

avérée inutile : nous l'avons remplacée par un simple complément d'enquête effectué par téléphone (auprès des 13 + 3 communes ayant réalisé des mesures exhaustives)... pour constater en fin de compte que mis à part quelques études très ponctuelles concernant un petit nombre de voies isolées, **aucune mesure de vitesses n'avait été réalisée sur les réseaux de desserte locale.**

Le bilan de ce travail d'enquête par questionnaires (assez conséquent) ressemble fort à un échec total ; ce constat peut heureusement être quelque peu relativisé. D'une part, l'importance du taux de réponses, mais plus encore les lettres d'accompagnement aux questionnaires retournés, montrent le grand intérêt que les ingénieurs des services techniques de la plupart des communes semblent porter à ce type de recherche ; d'autre part (et surtout) les remarques et conseils pratiques accompagnant souvent le questionnaire renvoyé nous ont suggéré une piste intéressante : celle du recours à la photographie aérienne, dont l'originalité est de permettre d'obtenir *simultanément* les paramètres qui caractérisent la circulation, et ce sur *l'ensemble* d'un réseau (exhaustivité).

4.2.3.- Et en dehors du cadre français ?

Parallèlement aux démarches décrites précédemment, nous avons tenté notre chance dans d'autres pays. Il était évidemment impossible d'y mener une recherche aussi systématique que dans le cadre national : en fait, nous avons juste mis à profit des voyages effectués à l'occasion de colloques au cours de la thèse (Milan, Barcelone, Prague) pour tenter de trouver des terrains d'étude adéquats. Si ces démarches ponctuelles n'ont pas été couronnées de succès (aucune des trois villes citées n'ayant apparemment réalisé des mesures de vitesses suffisamment fines pour inclure la voirie de desserte locale), on peut citer à titre anecdotique le cas de Prague où - à en croire le responsable de l'UHA²⁰³ - il aurait sans doute été possible de faire faire une campagne de recueil photographique de données de trafic "sur mesure" par ballon d'observation²⁰⁴. Cependant, puisque tous les chemins semblaient mener à la

203 UHA (*Útvar Hlavního Architekta mesta Prahy*) - traduction approximative : Direction de l'Architecte en chef de la ville de Prague. Organisme dépendant de la Mairie et dirigeant l'ensemble des interventions urbanistiques de la capitale ; cet organisme compte parmi ses services une section *Transport*.

204 Lors de l'entretien, la possibilité de réaliser une campagne de photographies aériennes de manière "classique" (par avion ou hélicoptère) avait été évoquée ; cependant, il aurait été difficile pour l'UHA de justifier une dépense aussi importante pour un travail de thèse ; la

photographie aérienne, il a été décidé qu'avant d'exploiter cette opportunité, des données existantes de ce type seraient recherchées sur des villes françaises.

4.3. - La photographie aérienne : une solution lourde

En partant du principe que dans le cadre d'une thèse à caractère fortement "exploratoire" (donc sans garantie de résultat) il est difficile de faire financer une opération spécifique de collecte de données (sauf opportunité du type de la proposition - pour peu qu'elle aboutisse - faite par la Mairie de Prague), l'option choisie était d'utiliser des sources existantes. Eu égard au manque de recueils exhaustifs réalisés par des méthodes conventionnelles, la technique de la photographie aérienne nous apparaissait comme une solution de "dernière chance".

Cette technique est-elle réellement adaptée à nos besoins ? C'est ce que nous évaluons dans ce paragraphe en présentant succinctement cette dernière²⁰⁵ avant de reprendre le cours de la présentation du cheminement qui a conduit au choix final du terrain d'étude.

solution du ballon d'observation - d'un coût nettement moins élevé - est apparue comme parfaitement réalisable, moyennant une subvention que la Mairie de Prague aurait alors versé au *Balonový Ústav* (littéralement : Service des Ballons).

205 La partie traitant de la technique de la photographie aérienne (que nous n'avons fait qu'esquisser dans cette présentation) s'appuie sur les ouvrages suivants :

- Ministère de l'Urbanisme et du Logement - *Outils pratiques de l'urbanisme : cartes, photographies, plans*, Editions du S.T.U., Paris, 1982.

- S.T.U. - *Photo-interprétation - de la photographie aérienne à l'urbanisme*, Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, Paris, 1984.

- BOISSELOT, J. - *Les collections de photographies aériennes en France*, *Bulletin Intergéo*, CNRS, n°84, 1986.

- THIENOT, P. - *Photographie aérienne et réglementation*, Ministère de l'Équipement, du Logement et de l'Aménagement du Territoire et des Transports, les Editions du S.T.U., Paris, 1987.

- C.E.T.E. de Bordeaux - C.E.T.U.R. - *Méthodologie de recensement des deux roues par photos aériennes*, Ministère de l'Équipement et du Logement - Ministère des Transports et de la Mer, CETUR, Bagneux, 1988.

- GARRY, G. ; LE MOIGNE, M. ; GOUFAN J.-M. - *Environnement et aménagement : 3- L'usage des photographies aériennes*, S.T.U. - M.E.L.T.E. - D.A.U., Editions du S.T.U., Paris, 1992.

Le lecteur intéressé par la question (notamment en ce qui concerne les aéronefs et le matériel photographique utilisés, mais également les divers usages de la photographie aérienne, sa réglementation et les organismes producteurs de photographies aériennes) pourra utilement s'y reporter.

4.3.1.- Un outil de collecte de données intéressant...

La photographie aérienne est une technique ancienne : dès 1858, Félix Tournachon réussit le premier cliché aérien à partir d'un ballon. Depuis, elle n'a cessé de se développer pour s'affirmer comme un instrument de connaissance très riche, permettant de saisir la totalité des phénomènes à un moment précis sur un secteur donné. Elle constitue de ce fait un outil précieux et souvent sous-employé.

La photographie aérienne concerne de très nombreux domaines d'application, dont les quatre principaux sont *l'aménagement du territoire* (analyse des sites et paysages, transformations de l'espace naturel, inventaire forestier et agricole, archéologie, évaluation de risques naturels...) ; *l'urbanisme* (étude de l'évolution urbaine, analyse de l'occupation du sol, détermination de la densité du bâti, étude du tissu urbain, recensement des installations industrielles, étude de la forme des toitures...) ; *les migrations saisonnières et les loisirs de masse* (fréquentation des plages, lieux d'activités de plein air, sites touristiques, analyse des domaines skiables, évaluation des nuisances prévisibles...) ; *l'écoulement des fluides et des mobiles* (délimitation des zones inondées, recherche des pollutions fluviales, analyse de la diffusion de la pollution, étude du lit des rivières, **analyse du trafic urbain et routier**, recensement du stationnement, enquêtes origines-destinations).

C'est à cette dernière application que nous nous intéressons tout particulièrement.

4.3.2.- ...mais peu utilisé pour le recueil de variables de trafic

La grande période des campagnes d'études de trafic par photographies aériennes a commencé au début des années 1970 à l'instigation du SETRA... pour se terminer "en queue de poisson" une dizaine d'années plus tard.

A l'origine, le projet était ambitieux : il s'agissait de réaliser un recensement complet, au moyen de différents indicateurs de circulation, sur les axes principaux de *toutes les villes françaises de plus de 20 000 habitants (!)*. Il faut dire

qu'à l'époque, les fonds ne manquaient pas pour ce genre d'étude ; cette situation n'a pas duré, et le programme n'a pu être mené à terme : moins de cent villes ont bénéficié de cette série de campagnes.

Une campagne-type d'étude de trafic par photographie aérienne se déroule habituellement en deux phases : la collecte de données proprement dite (le vol) et la photo-interprétation.

La collecte

Les survols sont effectués suivant un plan de vol très strict : il s'agit de suivre un itinéraire précis à vitesse constante et réduite (entre 90 km/h et 180 km/h) à une altitude qui est de l'ordre de 2000 ou 2500 mètres, si bien qu'une photographie de format 23 x 23 cm couvre environ 10 km² ce qui correspond à une échelle approximative de 1 / 15 000 (des survols à basse altitude sont parfois également réalisés).

La surface à couvrir est généralement parcourue en plusieurs *passes* (éléments de trajectoire rectilignes) suivant une trajectoire en "S" (**figure 7**) ; entre deux virages à 180°, l'avion maintient un cap rectiligne ; le pilote doit s'efforcer de maintenir une vitesse constante ; il doit veiller également à ce que les différentes passes soient parallèles et équidistantes, les deux séries de clichés correspondant à deux tels éléments de trajectoire successifs devant présenter un recouvrement latéral d'environ 30%.

Dans le sens longitudinal, l'importance du recouvrement dépend évidemment à la fois de la fréquence des prises de vue, de la vitesse de l'avion et de la surface couverte par une photographie, fonction de l'altitude et de l'objectif utilisé (cf. **figure 8**) : par exemple, pour un avion se déplaçant à une vitesse uniforme de 180 km/h (50 m/s), volant à une altitude de 2400 m, muni d'une caméra à chambre photogravumétrique de grand format (23 x 23 cm, focale 152 mm) et pour une cadence de prise de vues d'un cliché toutes les 6 secondes (il s'agit de chiffres réels), la distance parcourue entre deux clichés successifs est de $50 \times 6 = 300$ m ; une photo couvrant un carré d'environ 3 km de côté, le recouvrement longitudinal est évidemment de $1 - (300/3000) = 0,9$, soit 90 %.

FIGURE 7

Exemple de trajectoire de l'aéronef et numérotation des clichés

D'après : GARRY, G. ; LE MOIGNE, M. ; GOUFAN J.-M. *Environnement et aménagement...*, op.cit., p. 14

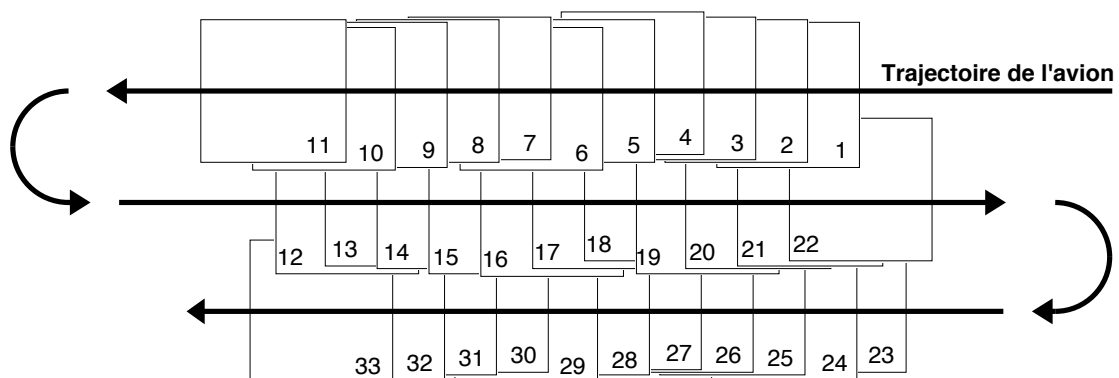


FIGURE 8

Recouvrement latéral X (%) et recouvrement longitudinal Y (%)

D'après : CETE de Bordeaux-CETUR *Méthodologie de recensement des deux roues...*, op. cit., p.11

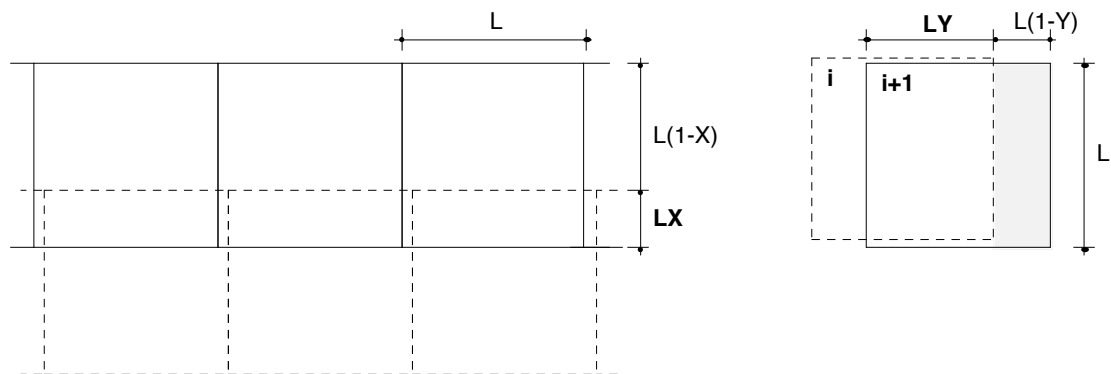
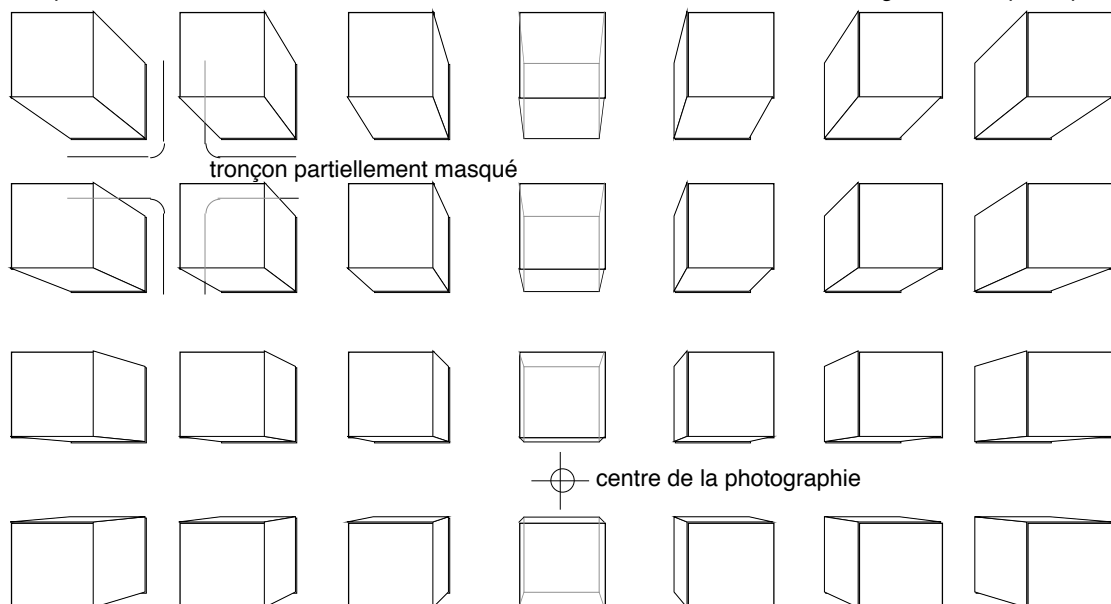


FIGURE 9

Le phénomène du dévers

D'après : GARRY, G. ; LE MOIGNE, M. ; GOUFAN J.-M. *Environnement et aménagement...*, op.cit., p. 7



Dans ces conditions, un survol unique devrait théoriquement permettre d'observer un point quelconque du territoire survolé pendant environ une minute ; en pratique, en milieu urbain, des problèmes de dévers (**figure 9**) compliquent un peu la situation, notamment si l'on veut observer la chaussée des rues : seule une bande centrale (dont la largeur est évidemment fonction de la hauteur du bâti riverain) parallèle à la direction du vol est alors exploitable ; par ailleurs, l'orientation de la rue est également un facteur limitant la durée d'observation : en particulier, les voies perpendiculaires à la direction du vol ne peuvent être observées que sur les clichés correspondant à une position de l'avion proche de la verticale par rapport à ces dernières ; seule la partie centrale de la photo est alors exploitable. Le nombre de clichés "utiles" est là encore fonction de la largeur de la rue et de la hauteur des bâtiments qui la bordent.

D'après les recommandations du SETRA, une campagne d'étude de trafic par photographie aérienne doit comprendre cinq ou six survols (ou **couvertures**²⁰⁶) de la ville étudiée, et ce à une même période de la journée (en général, à l'heure de pointe du midi ou à l'heure de pointe du soir) pour que les paramètres de trafic déterminés puissent être considérés comme représentatifs de la situation réelle. Pour fixer les idées, l'analyse de la circulation d'une ville de 200 000 habitants représente environ 400 photos de format 23 x 23 cm.

La photo-interprétation

La seconde phase est l'exploitation de cette masse de photographies. Après avoir procédé à un découpage plus ou moins arbitraire de l'ensemble des voies étudiées en tronçons, la méthode traditionnelle consiste à repérer sur chacun de ces derniers - le plus souvent à l'aide d'une table lumineuse et d'une loupe à fort grossissement²⁰⁷ - les véhicules en circulation (en mouvement et à l'arrêt) et en stationnement ; la vitesse moyenne d'un véhicule entre deux clichés successifs

206 Une couverture correspond à un survol (en plusieurs passes parallèles si nécessaire) d'une ville à altitude fixe, et de manière à ce que l'ensemble du territoire étudié soit photographié (en général, le plan de vol préconise une trajectoire en S ou en spirale, en prévoyant un recouvrement latéral assez large). Les clichés sont pris à intervalles de temps courts (en général, entre 5 et 10 secondes).

207 Parfois, les clichés sont observés sous stéréoscopes ou agrandisseurs optiques (loupes binoculaires à fort grossissement) ; ce type de matériel est évidemment beaucoup plus cher que la loupe. Plus rarement encore, on réalise des agrandissements photographiques - méthode encore plus coûteuse.

est déterminée en repérant ce dernier sur les deux clichés, et en mesurant (par rapport à des points de repère fixes) la distance parcourue (ce qui peut être malaisé, surtout si les clichés sont en noir et blanc - c'était le cas pour la plupart des campagnes réalisées dans les années 70). Si l'on arrive à suivre la progression de tous les véhicules passant sur un tronçon pendant la durée d'observation (et ce sur les 5 ou 6 couvertures constituant une campagne), une vitesse moyenne de parcours de ce dernier peut alors être calculée.

Dans le cas des campagnes des années 70, les indicateurs ayant fait l'objet de calculs (outre un certain nombre d'indices globaux) étaient les débits et les débits par voie, les concentrations par 100 m de voie, la vitesse moyenne des véhicules en circulation et les temps de parcours des tronçons. Par ailleurs, des indicateurs relatifs aux carrefours (temps moyen passé à l'arrêt aux carrefours et leur encombrement) et un indicateur de niveau de bruit ont également été calculés.

4.3.3.- Avantages et inconvénients de la photographie aérienne

De ce qui précède, on peut dégager un certain nombre de points forts, parmi lesquels le caractère exhaustif des données pouvant être recueillies est évidemment essentiel pour nous ; mais comme autres avantages, on peut citer également l'objectivité de ces données (les clichés livrant des informations brutes dénuées de toute interprétation), l'absence de mobilisation d'enquêteurs sur le terrain (d'où - point important quand on s'intéresse aux "comportements" - absence d'interaction avec le milieu observé), et la grande richesse des informations fournies. Ce dernier aspect est particulièrement intéressant pour au moins deux raisons :

-D'abord, il est possible d'utiliser les mêmes clichés pour de nombreux usages ; ne serait-ce que dans le domaine du trafic automobile, la liste (évoquée plus haut) des variables calculées sur les photos des années 70 est loin d'être exhaustive : on pourrait imaginer d'étudier les pourcentages de poids lourds et leur répartition, d'établir des bilans en matière de stationnement (notamment de stationnement illicite), de déterminer des longueurs de files d'attente aux carrefours, de s'intéresser aux proportions de mouvements tournants, de

recenser le trafic des deux roues (motocyclettes, bicyclettes) voire même des piétons²⁰⁸, et ainsi de suite.

-Par ailleurs cette richesse permet d'éliminer l'épineux problème de l'incertitude liée aux mesures - difficulté que connaît nombre d'autres techniques : des données apparemment "aberrantes" peuvent en effet provenir aussi bien d'erreurs de mesures (défiance - pouvant être temporaire - du capteur, par exemple une boucle électromagnétique) que d'évènements exceptionnels, "pathologiques" (accident de la route par exemple) ; avec la technique de la photographie aérienne, cette incertitude disparaît.

Il n'en demeure pas moins que cette technique présente aussi des inconvénients : forte dépendance aux conditions de visibilité (heure de la journée, saison, conditions météorologiques), problème des "masques visuels" (dévers, couverture végétale pouvant dissimuler partiellement la chaussée), faible durée des missions aériennes, mais surtout, lourdeur et durée importante de la phase de photo-interprétation, d'où un coût relativement élevé.

Malgré ces quelques points négatifs, la photographie aérienne semblait être le seul moyen envisageable de nous procurer des données de trafic détaillées, fiables (à condition que le travail de photo-interprétation soit bien fait, évidemment) et apparemment très bien adaptées à notre problématique.

4.3.4.- A la recherche de données utilisables

La décision de travailler sur des variables de trafic recueillies par cette technique ayant été prise, la question qui se posait alors était la suivante : parmi les études réalisées avec ces données, certaines ont-elles nécessité une photo-interprétation exhaustive sur tout ou partie du territoire d'une ville ? En d'autres termes, il s'agissait d'effectuer un recensement de terrains d'étude potentiels,

208 La campagne réalisée par les services techniques de la ville de Dijon en juin 1973 a servi non seulement pour étudier le trafic automobile, mais également à établir une véritable typologie de trottoirs fondée sur des caractéristiques de "trafic piéton" : débits horaires variant de 0 à 2000 piétons/heure, vitesses échelonnées entre 1,2 et 6,9 km/h, et ainsi de suite. (Cf. : Services techniques de la ville de Dijon/Agence Intercommunale d'Urbanisme de l'Agglomération Dijonnaise/DDE de la Côte d'Or/SETRA -*Indicateurs de circulation*, Dijon, juin 1973).

c'est-à-dire pour lesquels les différentes variables de trafic auraient été calculées sur l'ensemble de la voirie d'une zone (y compris la voirie de desserte locale), d'une part, **et** dont le découpage en tronçons élémentaires (sur lesquels sont calculées ces variables) serait compatible avec les exigences de notre modèle d'analyse (découpage pouvant s'apparenter à celui réalisée à l'aide des "points-à-risque"), d'autre part.

Nous avons donc entrepris une recherche systématique des résultats de campagnes d'études de trafic par photographie aérienne réalisées en France. Ayant pris contact avec un certain nombre de personnes au SETRA (à l'instigation duquel - rappelons le - avaient été réalisés les recensements des années 70), nous avons finalement - au prix de quelques difficultés liées à l'ancienneté des études cherchées - réussi à retrouver la trace de ces résultats, publiés à l'époque par les C.E.T.E. (Centres d'Etudes Techniques de l'Equipement) sous forme de fascicules²⁰⁹ où différentes variables de trafic sont représentées sous forme graphique sur des cartes. Dans la mesure où toutes les campagnes ont été réalisées à l'heure de pointe (du midi ou du soir), ces résultats étaient susceptibles d'être pour nous une véritable mine d'or.

Toutes ces publications (introuvables par ailleurs) ayant été archivées à l'entrepôt du CETUR à Gonesse (à l'époque, le CETUR était un service du SETRA), c'est là que nous nous sommes rendus pour dépouiller ce matériel bibliographique. Si l'ensemble des études a donc bien pu être retrouvé (nous donnons en **annexe 4** la liste des villes concernées²¹⁰), leur consultation a montré que **le travail de photo-interprétation n'avait été fait que sur les seuls "axes principaux" de ces villes** : une fois de plus, la recherche était infructueuse.

La conclusion s'imposait : il fallait remonter aux sources - aux photos aériennes - pour faire nous-mêmes le travail de collecte et de calcul des variables.

209 Les références exactes ont été regroupées dans la partie *Bibliographie* de ce mémoire.

210 Le nombre d'études que nous avons retrouvées s'élève à 87 ; parmi elles, 82 concernent des villes (dont une, Cherbourg, a fait l'objet de deux campagnes - une en 1973 et une en 1978), et 4 concernent des départements (tout ou partie : Essonne, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val d'Oise).

4.3.5.- La quête des photographies aériennes

La première idée était de s'adresser à la Photothèque Nationale de l'Institut Géographique National (I.G.N.) : légalement, les photographies correspondant aux campagnes mises en œuvre par les C.E.T.E. à l'appel du SETRA dans les années 70 s'y trouvent forcément²¹¹. Cependant, il est impossible de les emprunter, et la consultation des archives de photos aériennes est payante - 151.00 F T.T.C. (tarif 1993) pour deux heures de consultation²¹² ; compte tenu du temps nécessaire pour réaliser un travail de photo-interprétation, compte tenu aussi des impératifs de délais pour effectuer ce travail, incompatibles avec les horaires d'ouverture de la photothèque, cette solution a été rejetée.

Nous nous sommes donc remis en campagne à l'aide de questionnaires (cf. le modèle en **annexe 5**), de lettres et d'appels téléphoniques adressés aux services d'archives de tous les C.E.T.E. : ont-ils gardé des épreuves des photographies ? Sur ce point, les archiveurs étaient unanimes : ces interminables et fort encombrantes séries de vues aériennes prenant trop de place (le nombre de photos de format 23 x 23 cm pour une ville est de l'ordre de plusieurs centaines), elles ont été détruites au cours des déménagements successifs ; ils me conseillèrent aussi de prendre contact, à tout hasard, avec les sociétés qui, à l'époque, avaient été chargées de l'exploitation des clichés : assez logiquement compte tenu de l'ancienneté des études, ces sociétés avaient, elles aussi, détruit leurs photographies.

La seule exception parmi toutes ces réponses négatives mérite d'être mentionnée : au C.E.T.E. de l'Est, un jeu complet de clichés (correspondant à la campagne - soit six couvertures- réalisée pour la ville de Reims) a pu être retrouvé grâce à M. Serge CARE-COLIN qui non seulement a gardé le souvenir d'études réalisées il y a plus de 20 ans et a pris le temps de les rechercher dans les archives, mais a également eu la gentillesse de nous les adresser par colis postal. Malheureusement, il s'agit d'une épreuve sur papier (opaque) : le

211 En effet, le Centre de documentation de photographie aérienne de l'IGN est chargé "[...] de rassembler les négatifs originaux ou, à défaut, les contretypes de toutes les images à usage métrique issus de photographies ou enregistrements aériens concernant le territoire national, qui sont effectués par les services publics ou pour leur compte " (Décret n°86-196 du 6 février 1986, J.O. du 2-02-86, modifiant le décret n° 46-1262 du 29 mai 1946, article 1).

212 Quelques 600.00 F par jour pour un travail qui risquait de prendre quelques mois à temps plein : option irréaliste...

rétroéclairage est donc impossible, ce qui pose des difficultés d'ordre pratique. Ces dernières ne sont certes pas insurmontables ; bien plus gênante est la faible valeur, sur les six séries de photos, du recouvrement longitudinal : 75% au lieu des 90% habituels dans la plupart des études réalisées à cette époque ; en conséquence, sur une couverture, une voie ne peut être observée *au mieux* que sur quatre clichés successifs, le plus souvent sur deux ou trois, mais *parfois sur un seul* dans le cas de rues étroites et perpendiculaires à la direction du vol ; les tronçons appartenant à de telles rues ne peuvent donc faire l'objet d'aucune mesure de vitesses ; nouvel échec, donc.

Fort heureusement, c'est à cette époque que nous sommes entrés en contact avec M. Yves Robin-Prévallée, qui venait d'arriver au CETUR (avant cela, il travaillait à la DREIF - Direction Régionale de l'Équipement d'Île-de-France) ; son rôle dans ce travail de recherche fut d'une importance capitale, pour au moins trois raisons :

- sa connaissance de la technique de la photographie aérienne comme outil de recueil de données de trafic (technique qu'il estime d'ailleurs être très largement sous-utilisée par rapport à la richesse de l'information véhiculée²¹³) et ce aussi bien d'un point de vue pratique (la technique elle-même) que théorique (élaboration d'indicateurs globaux de trafic et mesure d'efficacité d'un réseau routier) ;

- son réseau de connaissances, tant parmi les "hommes de l'art" (entreprises réalisant les missions aériennes et la photo-interprétation²¹⁴) que parmi les

213 Les travaux (autres que les simples recensements) cherchant à exploiter cette masse de données sont en nombre très réduit ; la courte liste qui suit est sans doute proche de l'exhaustivité (dans le cadre national) :

- DESFORGES, H. - *Une méthode d'enquête origine-destination par photographie aérienne - évaluation et comparaison avec une méthode au sol*, Rapport IRT n° 18, Arcueil, 1976.

- DEBAILLE, S. - "Reconstitution de matrices origine-destination en milieu urbain", in *TEC*, n° 34/35, Mai-Juin / Juillet-Août 1979, pp. 6 - 10.

- ROBIN-PREVALLEE, Y. - *Nouvelle utilisation de la photographie aérienne pour apprécier l'efficacité d'un réseau routier*, Direction Régionale de l'Équipement d'Ile-de-France, Paris, 1986.

- ROBIN-PREVALLEE, Y. - "Mesure de l'efficacité de dispositifs de régulation de la circulation par photographies aérienne", in *TEC*, n° 77, Juillet-Août 1986, pp. 23 - 27.

- BONVALET, F. ; ROBIN-PREVALLEE, Y. - "Mise au point d'un indicateur permanent des conditions de circulation en Ile-de-France", in *TEC*, n° 84/85, Septembre-Octobre / Novembre-Décembre 1987, pp. 15-21.

- BONVALET, F. ; ROBIN-PREVALLEE, Y. - "Indicateurs globaux de la circulation sur réseau construit à partir des données centralisées d'un système d'exploitation", in *RTS*, n°28, Décembre 1990, pp. 99 - 111.

214 Citons les entreprises BÉPRIM et CONSULT-INFRA qu'Yves Robin-Prévallée m'a fait visiter.

personnes s'intéressant à la technique, à ses évolutions et à ses applications, et qui possèdent donc une connaissance de l'état des lieux en la matière à l'échelle internationale²¹⁵ ; mais **surtout**,

- il a gardé une copie de négatifs de **3 couvertures aériennes complètes de la ville de Paris datant de 1977**²¹⁶.

C'est également au cours de ce véritable "stage informel" effectué au CETUR que nous avons appris l'existence d'une campagne d'étude du trafic parisien par photographie aérienne réalisée récemment (en 1990)²¹⁷ par l'*Observatoire des Déplacements* du Centre de Recherches et d'Etudes Techniques (CRET ; un des services de la Direction de la Voirie de la Mairie de Paris). Compte tenu de l'intérêt évident de pouvoir disposer de données sur un même terrain d'analyse, à la même heure (heure de pointe du soir) mais avec 13 ans d'écart (possibilité de tester les hypothèses à deux époques différentes, donc de vérifier la pérennité des éventuels résultats), la décision a été prise de tenter d'obtenir l'autorisation d'exploiter ces photographies. Contrastant singulièrement avec l'absence total de formalisme caractérisant nos relations avec Yves Robin-Prévallée, commença

215 Il semblerait d'ailleurs que le manque d'applications de la technique de la photographie aérienne pour l'étude du trafic soit un phénomène international (la France est l'un des rares pays à avoir réalisé massivement des campagnes, n'ayant malheureusement été exploitées que marginalement)... mais il se peut qu'avec l'apparition relativement récentes de nouvelles technologies, cette situation soit en train de changer ; c'est en tous cas ce qui ressort de l'article "Company Collects Congestion Data From Aircraft - Estimates Level of Service From Photographs", paru dans *The Urban Transportation Monitor*, April 3, 1992, pp. 1 et 4.

L'avenir de la technique de la photographie aérienne comme outil d'étude du trafic urbain fait également l'objet d'un développement intéressant dans un article (prémonitoire ?) de Paul Ross :

ROSS, P - "The Future of Traffic Simulation", in *Public Roads*, Vol.45, n°2, Sept. 1981, pp.75-79.

216 Si l'on ajoute à cela qu'en plus des photographies, il a fourni une table lumineuse de grand format, le tout pour une durée indéterminée (le temps qu'il faut pour mener à bien l'étude), on comprendra qu'il n'est pas excessif de dire (surtout au vu de la série d'échecs décrits plus hauts) qu'Yves Robin-Prévallée est l'une des personnes-clés sans qui ce travail n'aurait sans doute jamais abouti.

A propos des photographies aériennes, signalons que six couvertures avaient été réalisées à l'époque ; mais les trois autres couvertures restent introuvables. Notons aussi que cette campagne d'étude de trafic par photographie aérienne a fait l'objet d'une publication :

DREIF/Ville de Paris - Direction de la voirie - *Indicateurs de circulation, Ville de Paris, photographies aériennes 1977*, Paris, 1977.

Il s'agit d'une série de cartes du réseau viaire principal, chaque carte correspondant à un indicateur (vitesses, concentrations, débits, etc.), accompagnée d'un fascicule explicatif (essentiellement description du calcul des indicateurs retenus).

217 Les résultats de cette campagne ont fait l'objet d'une publication :

MAIRIE DE PARIS - *Détermination des indicateurs de circulation et de stationnement*, Direction de la voirie, Centre de Recherches et d'Etudes Techniques, Paris, 1990.

alors un interminable échange de courrier étalé sur plus d'un an. Ces démarches n'auraient d'ailleurs probablement débouché sur aucun résultat sans l'intervention de l'Ingénieur en Chef L. GUYOT - providentiellement nommé nouveau Secrétaire Général du C.R.E.T. - grâce à qui l'autorisation de consulter et d'emprunter les clichés a pu être obtenue. Inutilement, d'ailleurs : ces derniers se sont en effet avérés être inutilisables dans le cadre de cette thèse du fait d'une cadence de prises de vues trop peu élevée (une toutes les 20 secondes), ce qui, compte tenu des problèmes de dévers (surtout dans des rues de desserte locale, donc relativement étroites), ne permettait d'observer la chaussée que sur un cliché (d'où l'impossibilité de mesurer des vitesses).

Estimant à ce stade avoir fait un tour d'horizon complet en matière de disponibilité de photographies aériennes utilisables, nous avons décidé de nous contenter - par la force des choses - des trois couvertures de Paris récupérées : c'est donc sur un Paris de la fin des années 70 que le modèle d'analyse fonctionnelle du point-de-réseau sera testé.

Restait une difficulté pratique de taille - celle de l'extraction de données pertinentes à partir de cette masse d'information brute : 619 clichés de format 23 x 23 cm. N'y aurait pas moyen de réaliser cette extraction autrement que de façon traditionnelle, extrêmement longue ?...

4.3.6.- De nouvelles technologies au service de la photographie aérienne

Dans le souci d'abrégier au maximum une tâche relativement "mécanique", de longue durée et que nous ne connaissions qu'en théorie, donc pour laquelle un apprentissage (acquisition du savoir-faire) serait nécessaire, notre premier réflexe était d'essayer de la contourner en ayant recours, dans la mesure du possible, à des techniques (plus ou moins) nouvelles, applicables à ce domaine. Nous avons donc commencé par dresser un bilan de ces techniques.

D'emblée, nous distinguons les techniques améliorant la méthode traditionnelle de celles représentant une véritable transformation qualitative. Mais avant de nous pencher sur ces deux "classes" d'améliorations, il est un point qui mérite d'être souligné : contrairement à une idée reçue et ayant la vie

de plus, l'innovation en matière d'aéronefs n'est pas, dans ce domaine, un axe à privilégier (bien que ce soit à ce type d'innovation que l'on pense en premier lieu) ; la substitution à l'avion "classique" de la montgolfière, du petit dirigeable ou de la maquette d'avion robotisée radiocommandée transportant un appareil de photo n'a que peu d'incidence sur le coût total d'une campagne de recueil de données, la part que représente la location d'un avion avec pilote et opérateur-photographe ne représentant en effet qu'une part minime de ce coût.

De toute façon, en matière de recueil proprement dit, la technique est aujourd'hui parfaitement au point, aussi bien pour ce qui est des aéronefs (petit bi-moteurs possédant de grandes qualités de stabilité même à faible vitesse - de l'ordre de 80 km/h) que du matériel photographique (chambres électroniques embarquées, qui compensent automatiquement les mouvements parasites et prennent les photos à cadence voulue avec une très grande précision). Les innovations "intéressantes" dans ce domaine concernent donc avant tout la phase de la photo-interprétation.

Améliorations de la méthode traditionnelle

Parmi les améliorations de la méthode traditionnelle, la plus significative (nous laissons de côté les progrès en matière d'appareils optiques courants) est le recours à des techniques de stockage de données et de leur traitement par informatique (un peu à la manière des SIG - Systèmes d'Informations Géographiques), rassemblées pour former une véritable chaîne complète d'acquisition de données : les photos sont positionnées très précisément (au moyen de repères et d'une tablette à digitaliser) les unes par rapport aux autres, mais aussi par rapport à une carte informatisée, ce qui permet de travailler en coordonnées absolues dans un espace virtuel *continu* à deux (ou trois) dimensions, stocké en mémoire d'ordinateur. Jumelé à un appareil optique spécial de visualisation des photographies, ce système est particulièrement efficace : chaque photo (et donc sa position exacte par rapport à la carte informatique) étant "reconnue" par l'ordinateur (à l'aide d'un code), tout objet "pointé" sur cette photo au moyen d'une souris est reporté dans le système de coordonnées de l'espace de la carte virtuelle.

Les vecteurs-vitesse des véhicules sont donc calculés automatiquement à partir d'une série de clichés, l'opérateur n'ayant qu'à pointer chaque véhicule sur les photographies successives. Le travail de repérage du véhicule est grandement facilité par les possibilités de vision stéréoscopique de l'appareil optique (possibilité de superposer deux clichés successifs par stéréoscopie), mais également par les zooms très poussés qu'il permet d'effectuer (on peut ainsi reconnaître un véhicule à de menus détails, comme par exemple la forme particulière d'un rétroviseur)²¹⁸.

Les innovations relatives à la photo-interprétation (dans le cadre d'études de trafic) en dehors du cadre national sont également intéressantes. Le seul autre pays ayant - semble-t-il - réalisé "massivement" ce genre d'études étant les Etats-Unis, c'est là qu'a été effectuée une enquête par courrier auprès de chercheurs américains travaillant ou ayant travaillé dans ce domaine²¹⁹. Le système le plus performant d'acquisition de données de trafic par photographie aérienne a sans doute été celui utilisé par la *Comsis Corp.* (Silver Spring, Maryland) il y a une dizaine d'années. Les photographies (couleur), prises *toutes les secondes* par un avion effectuant une trajectoire circulaire au dessus du terrain d'étude, étaient d'abord situées dans un système de coordonnées absolues, les limites des voies étudiées ayant été préalablement digitalisées ; les photos étaient ensuite projetées une à une sur un écran où l'opérateur pouvait pointer les véhicules (à l'aide d'une souris d'ordinateur). La grande innovation résidait dans l'emploi de la voix de synthèse : une fois un véhicule pointé et décrit (par l'opérateur) sur la première photo où celui-ci apparaissait (exemple de description : "camion bleu dans la file de gauche" ; cette description comprenait

218 Nous avons pu nous rendre compte des performances d'une telle chaîne d'acquisition des données au cours d'une visite avec Yves Robin-Prévallée à la société CONSULT-INFRA qui, disposant également d'avions et de matériels photographiques sophistiqués, réalise sur commande et en un temps record des missions complètes de tous types : bases de données cartographiques (cartographie numérique), relevés topographiques codifiés, bases de données urbaines, bases de données routières, autoroutières et ferroviaires, etc. Il était évidemment hors de question de faire réaliser un recueil de variables de trafic pour notre recherche : le coût se serait élevé à quelques centaines de kF. La solution d'utiliser le matériel de photo-interprétation de cette société pour réaliser notre travail de recueil de données sur les photographies fournies par Yves Robin-Prévallée n'était malheureusement pas envisageable non plus.

219 En particulier, Paul ROSS, ayant travaillé jusqu'en 1989 au *Office of Research* de la *Traffic Systems Division* (au sein de la *Federal Highway Administration*), Stephen COHEN (*Turner-Fairbank Highway Research Center*, à Georgetown Pike, en Virginie), Panos MICHALOPOULOS (*Dept. of Civil Engineering*, University of Minesota) et Robert HERMAN (*Dept. of Civil Engineering*, University of Texas).

aussi la longueur du véhicule, obtenue par pointage de l'avant et de l'arrière de ce dernier), l'ordinateur gardait cette description en mémoire (jusqu'à ce que l'opérateur "préviene" que le véhicule a quitté le champ de vision de la photo) et indiquait vocalement à l'opérateur le véhicule à pointer ("*maintenant, je m'attend à ce que vous pointiez le camion bleu qui, sur la photo précédente, était dans la file de gauche*"), tout en l'avertissant d'éventuelles incohérences (distance parcourue entre deux photos successives trop importante, ou changement brusque de file - impossible en une seconde). L'avantage de la procédure - outre sa grande "robustesse" (probabilité d'erreurs de manipulation et d'oublis quasi-nulle) et le fait que l'opérateur n'ait pas à quitter l'écran des yeux (la transmission de l'information se faisant vocalement) - résidait évidemment dans l'absence de va-et-vient continuels entre deux photos successives (un va-et-vient par véhicule observé) : l'opérateur n'avait qu'à suivre les directives de l'ordinateur pour effectuer la saisie de façon cohérente, c'est-à-dire pointer "le véhicule qu'il faut au moment où il faut" pour que l'ordinateur calcule le vecteur vitesse de ce dernier (au cours du travail de photo-interprétation, chaque photo était donc visualisée *une seule fois*, d'où un gain de temps très important, même par rapport au procédé utilisé par la société CONSULT-INFRA décrit plus haut). Ce système a cependant été fait "sur mesure", pour les besoins d'une étude spécifique, après quoi il a été démonté²²⁰. Il n'y aurait donc pas aux Etats-Unis de système "permanent" de ce type permettant cette photo-interprétation semi-automatique très performante.

Ces deux exemples montrent que *techniquement*, un recueil de variables de trafic par photographie aérienne à la fois rapide, fiable et d'une grande finesse²²¹ est désormais possible.

220 Ce rapide aperçu a été réalisé sur la base des réponses des quatre chercheurs mentionnés précédemment (notamment celle de Paul Ross, de toute évidence passionné par la question), et d'un rapport technique envoyé par Stephen Cohen :

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION -*Freeway data collection for studying vehicle interactions - technical report*, U.S. Department of Transportation - Turner Fairbank Highway Research Center, Virginia, 1985.

221 Avec une cadence de prises de vues d'un cliché par seconde, il est possible d'étudier même des accélérations et des décélérations ponctuelles. Ce genre de variables ne peut être recueilli par aucun autre type capteur : la seule autre possibilité est le recours au véhicule équipé en appareils de mesure... mais on quitte alors le domaine du recueil de données "anonyme" (le conducteur sait qu'il est observé...).

Les innovations décrites au paragraphe précédent sont évidemment intéressantes dans la mesure où elles permettent d'accélérer de façon phénoménale la phase de la photo-interprétation. Toutefois, elles ne représentent un progrès qui n'est jamais que *quantitatif* : la présence de l'opérateur humain pour identifier l'objet "véhicule" est toujours nécessaire.

Il existe actuellement des pistes de recherche prometteuses qui, à terme, devraient permettre d'éliminer complètement l'opérateur humain du processus de l'acquisition de données de trafic ; une telle évolution, *qualitative*, pourrait changer radicalement le statut de la photographie aérienne (marginale à l'heure actuelle) dans le domaine des études de trafic.

1- La première de ces pistes peut être désignée par le terme générique de *reconnaissance de formes* : que l'on travaille sur des zones limitées de l'image ("fenêtres") ou sur la totalité de celle-ci, qu'il s'agisse d'une soustraction pixel par pixel entre deux images numériques (système italien *Autostrade*), d'une soustraction entre une image quelconque et une image de référence (systèmes anglais de l'Université de Manchester et de l'Institut Royal de Technologie, système américain de l'Université de Minnéapolis), d'un traitement des variations dans le temps de la luminosité de chaque pixel (système Belge de la firme *Devlonics*), d'un système de reconnaissance des plaques d'immatriculation (système japonais, *Matshushita*), d'une technique de reconnaissance des formes et des textures (système français, *INRETS*), le principe général consiste à essayer de remplacer la vision humaine par la *vision artificielle* (caméra vidéo jumelée à un puissant centre de calcul de traitement des images captées). Tous ces systèmes sont expérimentaux, les problèmes à résoudre étant difficiles : quantité d'informations à traiter (quantité d'images - 25 images par seconde, et quantité d'informations à traiter par image ; du fait de la limite des capacités de calculs - en restant dans des fourchettes de coûts non prohibitifs - on cherche à limiter l'une et/ou l'autre de ces quantités), mesures faussées à cause des ombres portées, difficulté de détection pour des faibles vitesses, difficulté de localiser un véhicule dans un flot de trafic dense²²²... Des techniques similaires pourraient-

222 Le lecteur intéressé par ces questions est invité à se reporter aux articles suivants (la liste n'étant pas exhaustive) :

elles être appliquées à l'analyse automatique des photographies aériennes (scanérisation fine des clichés, traitement par un logiciel de reconnaissance de forme capable d'identifier le même véhicule d'une photo à l'autre) ? A l'heure actuelle, la réponse serait sans doute encore négative.

2- La seconde piste de recherche est fondée sur *l'imagerie thermique*. L'idée de base est de chercher à détecter non pas la *forme* d'un véhicule, mais la *chaleur* dégagée par le moteur. Ce type de détection est rendu possible grâce à des technologies (en général classées "*Confidentiel Défense*" ou tout au moins "*Confidentiel Industrie*") développées à l'origine surtout pour surveiller des champs de bataille, repérer des champs de mines, des chars camouflés ou des batteries d'artillerie grâce à une finesse de détection permettant d'enregistrer des variations de température de l'ordre de 0,1°C. Il existe actuellement un système complet de reconnaissance, CYCLOPE 2000, comprenant une tête d'analyse (et son électronique associée), un système de restitution (qui délivre les images thermiques défilantes numérisées), un système de stockage et de relecture par enregistreur magnétique, et un système de transmission radiofréquence. Compte tenu de la destination initiale de ce système, tout le dispositif est de taille très réduite et de masse faible (15 kg environ), si bien qu'il peut être emporté non seulement par un avion ou un hélicoptère, mais également par un ULM (Ultra-Léger Motorisé) ou par un drone (missile sol-sol privé de sa charge militaire)²²³. Il est à noter toutefois que cette technique nous éloigne de la photographie aérienne traditionnelle, la nature des données recueillies étant différente, et d'un usage bien plus spécifique.

La conclusion opératoire de ce rapide bilan des nouvelles techniques permettant d'alléger considérablement le travail de la photo-interprétation est que ces dernières sont relativement "pointues" et restent malheureusement

ESPIE, S. ; LENOIR, F. - "L'avenir de la mesure du trafic routier", in *RTS*, n° 28, décembre 1990, pp.51-56.

BLOSSEVILLE, J.-M. ; LENOIR, F. ; MOTYKA, V. ; ESPIE, S. ; CHEN, Y. - "Traitement d'image : recherches menées au département analyse et régulation du trafic", in *RTS*, n° 28, décembre 1990, pp.57-64.

BOUZAR, S. ; LENOIR, F. - "Une machine de traitement d'image pour la mesure du trafic routier en temps réel", in *RTS*, n° 28, décembre 1990, pp.65-78.

223 Ces données techniques sont tirées de trois fascicules publiés par la SAT (Société Anonyme de Télécommunications) - *L'optronique infrarouge une position de leader*, *CYCLOPE 2000* et *La chaîne image CYCLOPE 2000* - communiqués par M. Jean-Jacques DEHU de la SAT (Reconnaissance Aérienne, Division Optronique et Défense).

inaccessibles dans le cadre d'un travail de thèse. C'est donc la méthode traditionnelle qui a été retenue.

4.3.7.- Améliorer à bon marché la technique de photo-interprétation ?

Avant de nous lancer dans un travail qui, après quelques tests préliminaires, s'est avéré pénible et fatigant pour les yeux, nous avons cherché - ultime tentative pour minimiser la durée de l'entreprise - diverses possibilités pour améliorer (ou plutôt : accélérer) à moindres frais cette technique traditionnelle.

Sans nous étendre sur le sujet, contentons-nous de mentionner quelques-unes des idées que nous avons eues.

Une série d'essais (effectués dans divers magasins spécialisés) de différents types d'appareils de rétro-projection n'a donné aucun résultat.

La solution de faire faire des agrandissements photographiques a été rejetée comme beaucoup trop onéreuse (il eût fallu agrandir *au moins* 7X pour rendre les photos descriptibles à l'œil nu ; le nombre de photos à traiter - déjà impressionnant - aurait été multiplié par cinquante).

La dernière idée, simple et bon marché, est un usage détourné de la traditionnelle visionneuse de microfiches : dispositif optique conçu pour consulter des micro-documents en les visualisant sur un écran grossis 11X, 14X ou 27X et permettant en outre de photocopier la partie visualisée, cet appareil semblait être l'outil idéal que nous cherchions. Si la qualité des photocopies de photo n'est pas très bonne, elle est néanmoins suffisante pour que les véhicules puissent être repérés.

Ayant obtenu l'autorisation d'utiliser un tel appareil²²⁴ à la documentation de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - malgré l'importance du nombre de photocopies à réaliser²²⁵ - il ne restait plus qu'à passer quelques jours à cette

224 Lecteur-reproducteur REGMA LR7.

225 Un rapide calcul nous permet d'avancer que pour un échantillon d'une surface approximativement équivalente à un arrondissement parisien "relativement petit" (comme le 4ème ou le 9ème), 500 photocopies par couverture (1500 pour les 3 couvertures) seraient nécessaires pour le grossissement 14X, 2000 (6000 pour les 3 couvertures) pour le grossissement 27X.

tâche de reprographie un peu spéciale. Malheureusement - détail qui nous avait échappé lors des premiers essais - le réceptacle de la visionneuse n'est pas adapté aux formats importants : pour pouvoir visualiser les parties *centrales* des clichés (seules parties intéressantes pour nous, les bords étant inexploitable à cause des problèmes de dévers déjà mentionnés), il eût fallu procéder au découpage des photos (destruction du matériau de base).

Finalement, les véhicules ont été comptés et leurs vitesses mesurées au moyen d'un matériel traditionnel : une table lumineuse grand format, une loupe serretête *Peak* (grossissement 2,2X, avec paire de lentilles additionnelle - grossissement 3,3X), une boîte-loupe (grossissement 8X) et un microscope de poche (grossissement 30X). Cette opération a demandé un semestre.

CHAPITRE 5 - LE TERRAIN D'ETUDE : CHOIX ET MODELISATION

Introduction

Le domaine d'application du modèle d'analyse fonctionnelle du point-de-réseau est relativement restreint (cf. les limites stipulées au chapitre 3). Concrètement, cela signifie que pour être analysable par ce modèle, le terrain d'étude doit satisfaire à un certain nombre de conditions. Ces conditions concernent deux registres : d'une part, le choix du terrain, choix qui inclut une délimitation non seulement spatiale, mais aussi temporelle ; d'autre part, une modélisation adéquate de ce terrain (décomposition en points-de-réseau et découpage de ces derniers en tronçons d'échelle 0). Ces opérations n'ont pu être menées à bien qu'une fois les exigences théoriques du modèle traduites sous forme opératoire. Ce n'est qu'au terme de ces étapes préliminaires que les données ont été recueillies et les deux séries de variables (formelles et fonctionnelles) décrivant les tronçons calculées.

5.1.- Choix du terrain

5.1.1.- Les impératifs théoriques du modèle d'analyse

Si, sur un tronçon donné, le "comportement moyen" d'un automobiliste peut être traduit par la vitesse moyenne de parcours de ce tronçon d'un bout à l'autre, l'agrégation de tels "comportements individuels moyens" ne peut être envisagée qu'en posant un certain nombre d'hypothèses simplificatrices qui, pour être recevables, nécessitent un choix "homogénéisant" du terrain d'étude (cf. chapitre 3). Celui-ci doit de ce fait satisfaire à un certain nombre de conditions (exigences), qui sont ici reprises en détail afin de guider la sélection du terrain par éliminations successives.

Exigence de délimitation temporelle : heure de pointe du soir

La première de ces exigences est relative à la période de recueil des données - une heure de pointe du soir. C'est fort heureusement à cette période de la

journée qu'ont été réalisées les trois couvertures aériennes de Paris fournies par Yves Robin-Prévallée. Plus précisément, les survols ont été effectués :

- le 01/09/77, entre 17h 46' 06" et 18h 38' 09" ;
- le 20/09/77, entre 16h 57' 58" et 17h 46' 41" ;
- le 23/09/77, entre 18h 01' 38" et 18h 46' 06".

La première condition est donc vérifiée.

Des quartiers "aseptisés"

En second lieu, l'analyse doit porter sur des quartiers relativement peu animés, aussi dépourvu de "vie de rue" que possible ; les arrondissements centraux sont donc à bannir du champ des possibilités.

Des quartiers de bureaux

Enfin, le terrain doit être dans la mesure du possible une zone de bureaux, afin que la probabilité pour qu'un véhicule observé quelconque soit conduit par un actif *effectuant son déplacement travail-domicile* soit importante (facteur homogénéisant de l'échantillon d'automobilistes). En d'autres termes, le terrain devrait avoir une forte capacité à générer des *automobiles* à l'heure de pointe du soir. De ce fait, le choix d'une zone d'emplois est une condition nécessaire, mais pas suffisante : si ce type de zone constitue une "origine" par excellence à cette heure de la journée, l'émission d'actifs concerne l'ensemble des modes de transport ; or dans le cadre de cette étude, on s'intéresse exclusivement à l'émission des *seuls actifs conduisant un véhicule*.

Pour orienter le choix du terrain, des données de l'INSEE datant approximativement de la même période que les photographies²²⁶ ont été utilisées : il s'agit des *tableaux T11* donnant, au lieu de travail, la *population totale par sexe, âge et catégorie socioprofessionnelle*²²⁷.

226 INSEE -Recensement de la population de 1982 - sondage au 1/4 (au lieu de travail).

227 Les tableaux de l'INSEE donnent 8 catégories socioprofessionnelles (CSP) : 1- Agriculteurs exploitants ; 2- Artisans, commerçants, chefs d'entreprise ; 3- Cadres, professions intellectuelles supérieures ; 4- Professions intermédiaires ; 5- Employés ; 6- Ouvriers ; 7- Retraités ; 8- Autres personnes sans activité professionnelle.

Le raisonnement qui a été construit à partir de ces chiffres peut se résumer comme suit : compte tenu des difficultés de stationnement à Paris, on peut penser qu'une part importante des actifs utilisant leur véhicule pour se rendre sur leur lieu de travail possèdent une place de parking qui leur est réservée²²⁸ ; on peut penser aussi que parmi ces "privilegiés", une part importante est constituée par des cadres et assimilés (CSP n° 3 dans le tableau T11 de l'INSEE)²²⁹. On peut donc supposer que la propension d'un arrondissement à générer des véhicules particuliers à l'heure de pointe du soir est liée à la proportion de cadres (CSP à fort usage supposé de voiture particulière) qui y travaillent : le quotient (dans un arrondissement en tant que lieu de travail) du nombre de cadres et du nombre total d'actifs peut donc être considéré comme *un* indicateur de génération de véhicules. Cet indicateur a été calculé pour l'ensemble des arrondissements parisiens en 1982 (Cf. **figure 10**).

Si l'on se donne une valeur arbitraire en deçà de laquelle l'arrondissement est considéré comme "peu générateur de véhicules" (on fixe cette limite à 15 %, pour éliminer *grosso modo* les deux tiers des arrondissements - ceux considérés *ipso facto* comme les moins homogènes du point de vue de la composition du trafic à l'heure de pointe du soir), il apparaît que les terrains d'étude envisageables devraient être choisis parmi les arrondissements suivants :

1^{er}, 2^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème}, 8^{ème}, 9^{ème}, 16^{ème}.

Les arrondissements centraux devant être - on l'a vu - éliminés d'office, le choix se limite aux :

5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème}, 8^{ème}, 9^{ème}, et 16^{ème} arrondissements.

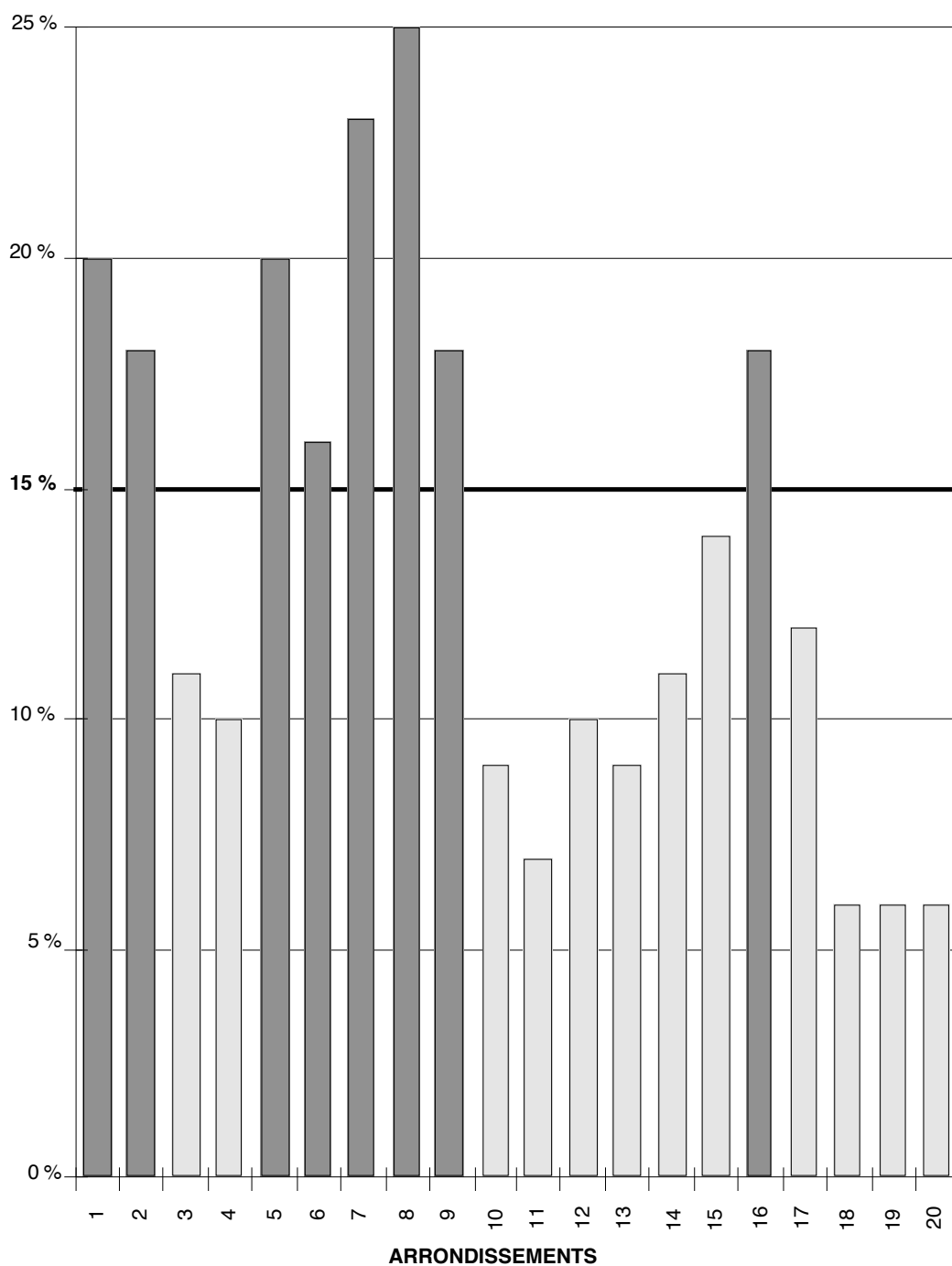
228 D'après un ouvrage publié par le CETUR et fondé sur un travail de recherche portant sur le stationnement en ville (JARRIGE, J.-M. ; FOURRIER A.-M. ; THOMAS, J.-N. ; TAREAU, J.-P. - *Le stationnement privé au lieu de travail, facteur d'évolution de la mobilité et de la structure urbaine ?*, Dossiers du CETUR - Déplacements urbains, CETUR, Bagneux, 1994) la non disposition d'un stationnement privé à destination (au lieu de travail) correspond, en Région parisienne, à une réduction de l'utilisation de l'automobile de 62% ! (p. 108). En d'autres termes, le fait de disposer d'une place de stationnement "privée" au lieu de travail constituerait, en Région parisienne, un facteur d'incitation décisif à utiliser la voiture particulière pour les déplacements quotidiens.

229 Dans ce même ouvrage, on peut lire : "*Les cadres utilisent prioritairement leur voiture pour leurs déplacements domicile-travail. Dans la mesure où ils font partie du personnel à forte rentabilité, les entreprises prévoient [...] la mise à disposition de places de stationnement [...]* " (*idem*, p.66).

FIGURE 10
Proportion de cadres (lieu de travail) par arrondissements

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

Pour un arrondissement (en tant que "lieu de travail") donné, le quotient du nombre d'actifs appartenant à la CSP "Cadres, professions intellectuelles supérieures" - CSP à fort usage (supposé) de voiture particulière pour les déplacements domicile-travail - et du nombre total d'actifs toutes CSP confondues travaillant dans cet arrondissement est **un** indicateur de la propension de ce dernier à générer des automobiles à l'heure de pointe du soir. Graphique réalisé d'après données INSEE *Recensement de la population de 1982 - sondage au 1/4 (au lieu de travail)*.



5.1.2.- Le choix final

Les trois facteurs limitants "théoriques" évoqués précédemment, issus de la construction du modèle d'analyse, sont complétés par des impératifs pratiques, tributaires de la manière dont ont été réalisées les photographies aériennes. La **figure 11** montre l'emprise des photos correspondant aux trois passes de chaque couverture, ainsi que celle des "bandes centrales" (en gros, bande d'environ 1,5 km de large, soit la moitié de la dimension du côté de la zone carrée couverte par une photo ; n'oublions pas que les bords des clichés ne sont pas exploitables à cause du phénomène de dévers).

On remarquera que les seules photographies couvrant toujours *la même* portion de territoire correspondent à celles réalisées au cours de la passe n° 2 (passe centrale) de chaque couverture : afin de pouvoir observer les mêmes tronçons sur l'ensemble de ces dernières, il est donc nécessaire de choisir le terrain d'étude à l'intérieur de cette unique bande centrale des passes n° 2 : les 5^{ème}, 6^{ème} et 9^{ème} arrondissements se trouvent ainsi éliminés du champ des possibilités. Le choix se réduit alors aux 7^{ème} (*grosso modo* son tiers Nord), 8^{ème} (sa moitié Sud) et 16^{ème} (environ un quart de sa surface) arrondissements.

Afin de travailler sur un terrain d'étude continu (sans la coupure de la Seine), nous avons décidé de limiter l'étude aux zones "couvertes" de deux arrondissements seulement :

- le 8^{ème} **arrondissement**, choix qui se justifie d'autant plus que la valeur de l'indicateur calculé précédemment (figure 10) y est la plus élevée, et
- le 16^{ème} **arrondissement**.

On trouvera à la **figure 12** la situation exacte du terrain dans Paris (dans l'encadré) ainsi que sa délimitation.

5.2.- Modélisation du terrain

5.2.1.- Méthode de découpage en tronçons

Le terrain étant choisi, il s'agit maintenant de le décomposer en tronçons ; en référence au modèle d'analyse fonctionnelle du point-de-réseau (chapitre 3), la délimitation longitudinale de ces derniers doit être faite par des "points-à-risque",

FIGURE 11
Les 3 couvertures de Paris - septembre 1977
 (Source : Vaclav Stransky, 1995)

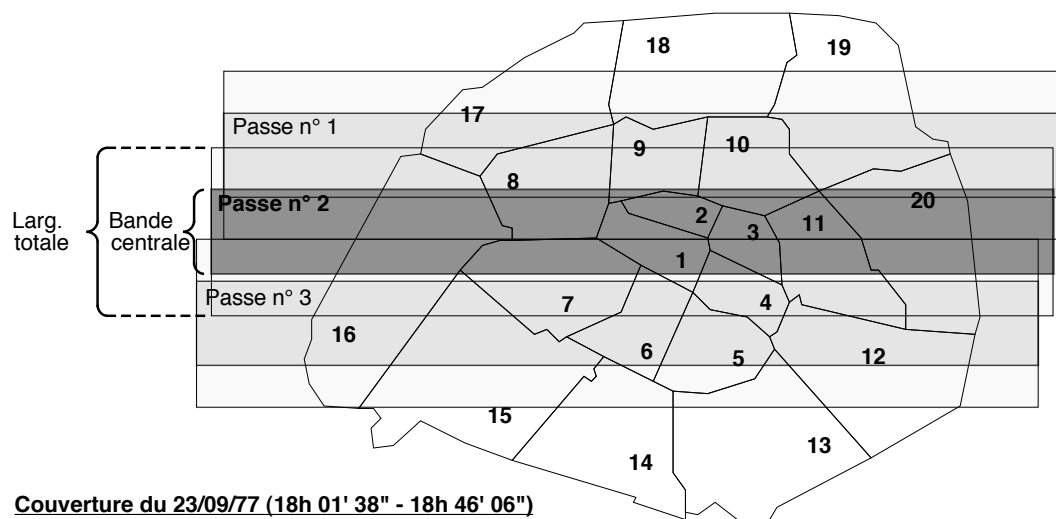
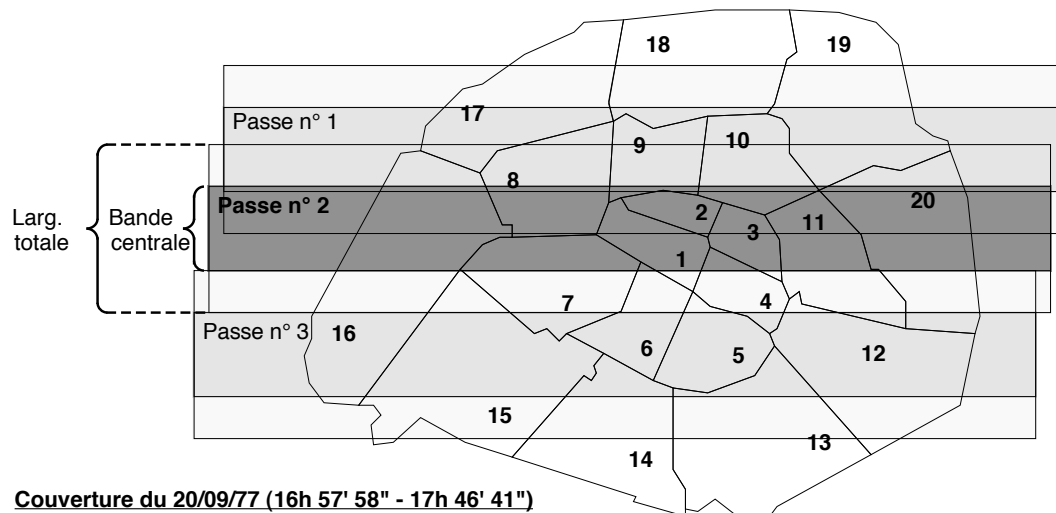
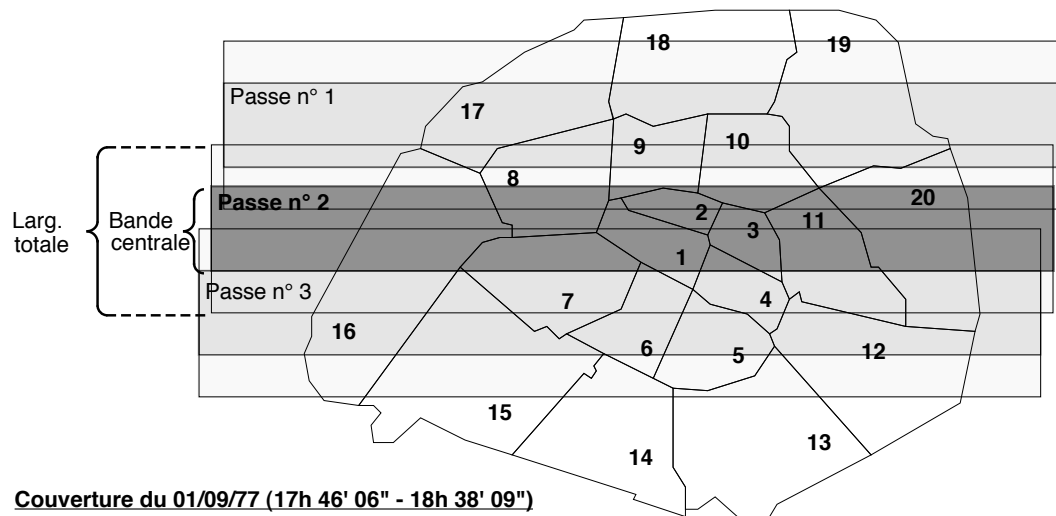
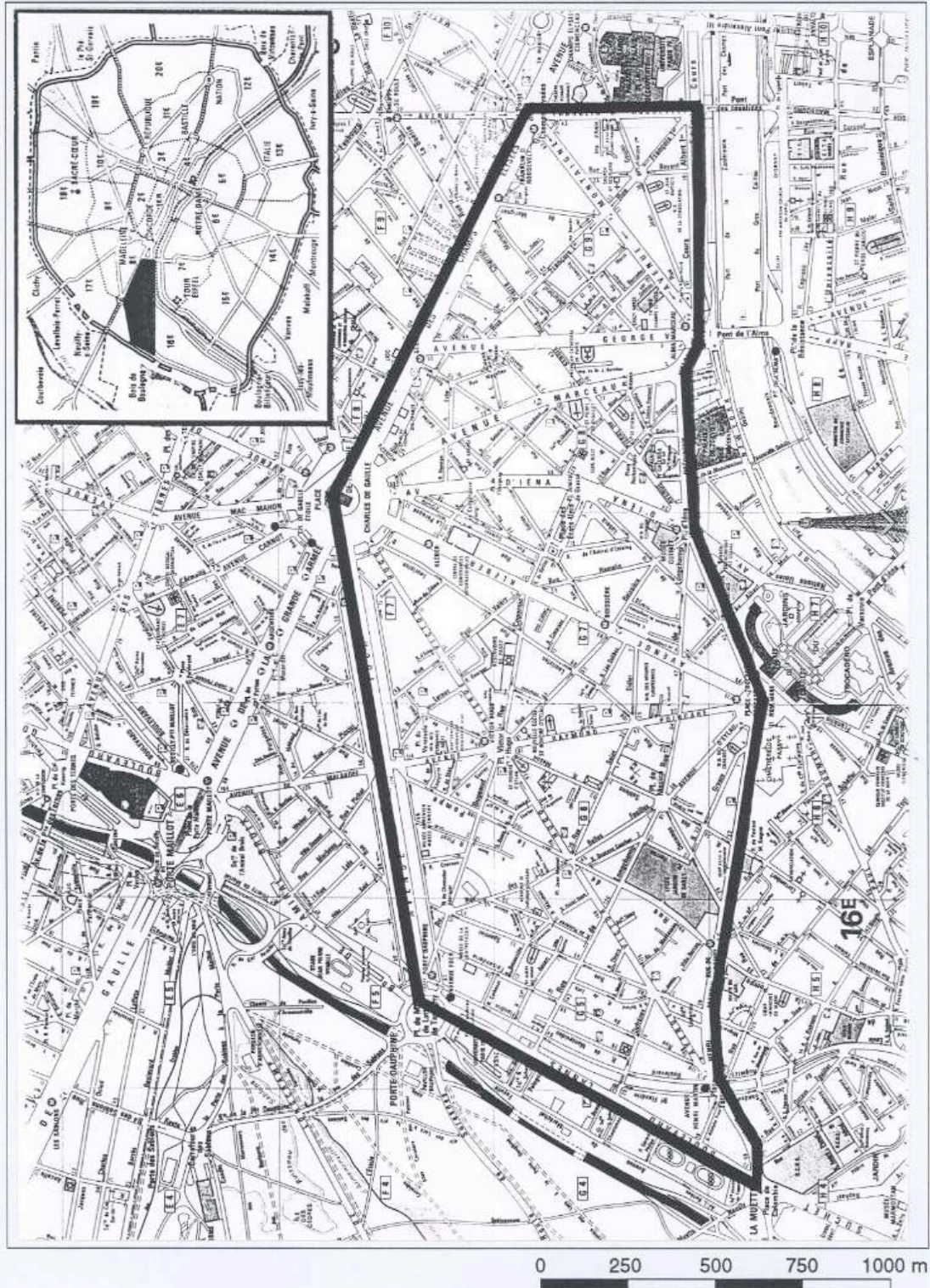


FIGURE 12

Le terrain d'étude : choix final

Source : Michelin, Paris index plan, Transports - sens uniques, échelle 1/10000, 1977 (même année que les clichés pour tenir compte des modifications des sens uniques).

La carte ci-dessous a fait l'objet d'une réduction à 57% : son échelle approximative est d'environ 1/17500.



censés amener l'automobiliste à changer provisoirement de niveau de conscience dans la réalisation de la tâche de conduite et à modifier significativement sa vitesse (à la baisse) : ce n'est qu'à cette condition que le tronçon pourra être considéré comme entité pertinente d'analyse des vitesses pratiquées (entre deux points-à-risque successifs, la tâche de conduite ne fait intervenir que des niveaux de conscience bas, et le profil des vitesses est supposé être du type "accélération-palier-décélération"). Il s'agit maintenant de préciser la nature exacte de ces ruptures de rythme de déplacement automobile.

Points-à-risque topologiques

Les premières qui viennent à l'esprit sont évidemment les "coupures" dues à la configuration topologique de l'assemblage des éléments de réseau viaire : une place ou un achèvement en "T" (rue débouchant dans une autre et formant un angle proche de 90° avec cette dernière) constituent *de facto* une limite de tronçon pertinente, l'automobiliste ayant un choix à faire tout en étant amené à réduire fortement sa vitesse (effectuer un virage à angle droit²³⁰ dans le cas du "T"). A ce niveau, une précision de ce que l'on entend exactement par "angle proche de 90°" serait théoriquement de mise ; en pratique, l'examen de la carte du terrain retenu (en tenant compte aussi de l'orientation des sens uniques, donc des choix offerts à l'automobiliste arrivant au "T") n'a fait apparaître aucun cas litigieux qui nécessiterait une règle quantitative : les angles sont toujours suffisants (parfois - du fait des sens uniques - nettement supérieurs à 90°) pour nécessiter un ralentissement très significatif à cause du mouvement tournant à effectuer.

Points-à-risque réglementaires

Les obstacles légaux constituent la seconde catégorie assez évidente de "coupure" : qu'il s'agisse de signaux lumineux, de panneaux STOP ou de panneaux CEDEZ LE PASSAGE, ces obstacles conduisent toujours l'automobiliste à réaliser une tâche de conduite particulière (qui est de l'ordre du niveau tactique : cf. chapitre 1) se traduisant par un ralentissement (conduisant souvent à un arrêt) très marqué. On notera que dans le cas des signaux lumineux, ce

²³⁰ Il va sans dire que cette délimitation ne concerne que la rue "qui débouche" et non pas celle "dans laquelle on débouche".

ralentissement est "statistique" : pour un taux de vert égal à 0,5 - c'est-à-dire pour des phase rouges et des phases vertes de durée équivalente²³¹ - un véhicule sur deux (en moyenne) arrivant au feu s'arrête ; globalement, pour un grand nombre de véhicules observés pendant un temps suffisamment long (au moins égal à la durée d'un cycle complet rouge-vert), le ralentissement à l'endroit du signal lumineux est donc significatif. Compte tenu de l'ancienneté des données de trafic disponibles, une recherche complémentaire auprès des ingénieurs subdivisionnaires d'exploitation des arrondissements concernés (8^{ème} et 16^{ème}) et auprès du *Service de Maintenance Signalisation - E.D.F. Eclairage Public*²³² a été nécessaire pour connaître l'emplacement en 1977 des carrefours réglés par feux. C'est également à l'occasion de cette enquête que nous avons appris (à la Direction de la Voirie de la Mairie de Paris et à la Préfecture de police) qu'il n'y a jamais eu de panneaux STOP ou CEDEZ LE PASSAGE à Paris en raison de la densité du trafic : les véhicules devant donner la priorité n'arriveraient jamais à passer ; les seuls endroits de Paris où il existe des balises de priorité sont situés sur le Boulevard Périphérique, où il est rappelé (au moyen d'un panneau) aux automobilistes de la file de droite qu'ils doivent donner la priorité aux véhicules entrants. Enfin, cette recherche complémentaire a permis de vérifier qu'en 1977, aucun panneau de limitation de vitesse ni dispositif ralentisseur (éléments susceptible d'influer significativement sur les vitesses observées) n'existait sur le terrain d'étude choisi, et que ce dernier était relativement homogène en termes de qualité du revêtement de la chaussée (autre facteur "ralentisseur" ou "accélérateur" potentiel important). Les seuls points-à-risque réglementaires retenus sont donc les carrefours réglés par feux (en 1977).

Points-à-risque "carrefours complexes"

Le troisième type de rupture rejoint plus la notion de point-à-risque à proprement parler : il s'agit des carrefours "potentiellement dangereux". Pour trouver un critère homogène et simple, une série d'essais a été nécessaire pour concilier théorie et pratique. Si, du point de vue théorique, il faut que la

231 C'est là une hypothèse optimiste : dans la mesure où l'on s'intéresse au réseau de desserte locale, la durée de la phase rouge - du moins au niveau des carrefours avec de la voirie d'échelle 1 ou plus - est nettement supérieure à celle de la phase verte.

232 Nous remercions au passage M. BRULE de ce service qui nous a envoyé une sortie de la liste des signaux lumineux existants en 1977 d'après une base de données ancienne.

probabilité de danger potentiel aux carrefours retenus soit suffisante pour justifier leur appellation de *point-à-risque* (et donc un ralentissement significatif), il est nécessaire aussi que, d'un point de vue pratique, le découpage résultant du choix de ce critère soit compatible avec le type de données disponibles. En particulier, la longueur d'un tronçon devrait être significativement supérieure à la distance parcourue par une automobile entre deux clichés successifs, afin qu'un même véhicule puisse y être observé sur plusieurs photographies. Les clichés disponibles ayant été pris à des intervalles de temps de six secondes, si l'on prend pour base (simple ordre de grandeur) une vitesse approximative de 30 km/h (environ 8 m/s ; un véhicule parcourt donc une cinquantaine de mètres entre deux photos successives), une longueur de l'ordre de 100 m apparaît comme un minimum²³³, tout en sachant que des valeurs plus élevées seraient souhaitables. Comme par ailleurs une autre exigence théorique du modèle (cf. chapitre 3) stipule que cette longueur ne doit pas dépasser 200 à 300 mètres (le conducteur étant supposé "régler" sa vitesse prévue pour le tronçon pris globalement sur la base de la scène visuelle correspondant au tout début du parcours de ce dernier), il s'agit de trouver un critère objectif simple, relatif au risque lié à un carrefour, permettant d'arriver à un découpage en tronçons tel que les longueurs de la *plupart* de ces derniers soient comprises entre 100 et 300 m.

Le problème est moins simple qu'il n'y paraît : compte tenu de cette obligation de résultat, la solution consistant à retenir l'ensemble des carrefours comme points-à-risque²³⁴ s'avère "trop fine" (et peu pertinente, de surcroît : on ne ralentit pas de façon significative à chaque carrefour...) car aboutissant à des tronçons excessivement courts ; la finesse du découpage est également trop importante si l'on ne retient que les carrefours avec rue débouchant par la droite.

Pour trouver un critère plus sélectif, nous avons également envisagé une méthode fondée sur une enquête auprès d'un échantillon d'automobilistes habitués des quartiers étudiés : quels sont les carrefours considérés comme "dangereux" ? Cependant, une telle démarche aurait été longue à mettre en œuvre et ses résultats risquaient de ne pas rendre compte de la situation de 1977

233 pour le calcul des vitesses moyennes, on ne peut décemment prendre en compte que les véhicules présents sur le tronçon sur plus de deux photos successives.

234 ou en d'autres termes, définir un tronçon comme un arc du graphe associé au réseau viaire.

(date des photographies aériennes)... sans même parler des problèmes de représentativité des conducteurs enquêtés et de fiabilité des réponses (l'éternelle question de l'adéquation entre le "comportement" *in situ* et les réponses à un questionnaire).

Le critère que nous avons finalement retenu - car il est intuitivement assez satisfaisant et donne empiriquement de bons résultats - est relatif au nombre de rues : nous considérons ainsi comme "carrefour à danger potentiel important" (donc point-à-risque) **tout carrefour "complexe", c'est-à-dire constitué par au moins cinq rues**, afférentes ou efférentes²³⁵.

5.2.2.- Délimitation *a priori* des points-de-réseau : tronçons à trafic dense

A ce stade, nous sommes donc théoriquement en possession de tous les éléments nécessaires à la décomposition du terrain d'étude en tronçons, dernière étape avant de caractériser chacun de ces derniers par ses variables. Conformément aux exigences des limites théoriques du domaine d'application du modèle d'analyse (cf. les quatre conditions nécessaires pour que le concept du point-de-réseau puisse être considéré comme pertinent dans le cas de la voirie urbaine ; ces conditions sont résumées à la figure 4 du chapitre 3), nous devrions en principe commencer par quantifier les flux automobiles sur *l'ensemble* des tronçons obtenus par découpage ainsi que sur l'ensemble des carrefours entre les différents tronçons, délimiter les points-de-réseau sur la base du supposé hiatus de flux entre tronçons d'échelle 0 et ceux d'échelles supérieures d'une part, des flux directionnels aux carrefours d'autre part, et ne retenir pour notre étude que les seuls tronçons situés à l'intérieur de ces points-de-réseau.

En pratique, devant l'ampleur de la tâche de recueil des données de trafic, nous avons opté pour une solution de facilité dont l'objet était d'écourter cette phase de collecte.

235 En termes de théorie des graphes, un tel carrefour correspond, dans le graphe associé au réseau viaire, à un nœud constituant l'extrémité d'au moins cinq arcs, orientés ou non, parmi lesquels on peut trouver cinq arcs au moins dont les secondes extrémités respectives sont toutes distinctes deux à deux. Plus simplement, le "nœud associé" d'un tel carrefour est le centre d'une étoile à cinq branches ou plus.

Il faut savoir en effet que déterminer la position exacte d'un véhicule dans un repère unique pour chaque tronçon n'est pas aussi simple qu'on pourrait le penser : en théorie, il suffit simplement, pour le tronçon étudié, de se donner un point de référence (origine) fixe, puis d'effectuer les mesures des positions des différents véhicules à partir de ce dernier, et ce sur l'ensemble des clichés successifs permettant d'observer la chaussée du tronçon. Cependant, l'avion étant en mouvement, les seuls repères fixes se situent évidemment au niveau de la chaussée (une cheminée ne peut être retenue comme point de référence) ; or pour pouvoir servir d'origine, un repère ne doit évidemment être caché (phénomène de dévers) sur *aucune* des photos permettant l'observation du tronçon ; l'expérience a prouvé que de tels points étaient très rares, en fait inexistants dans la plupart des cas ; de ce fait, la détermination de la distance parcourue par un véhicule entre deux photos successives nécessite, dans un premier temps, un va-et-vient destiné à trouver cette origine commune aux deux clichés... origine qui n'est de toute façon que provisoire, car le plus souvent, il est nécessaire d'en changer lorsque l'on passe à la photo d'après²³⁶. Cette petite gymnastique intellectuelle rend la détermination des *vitesses* (à la différence des concentrations, pour le calcul desquelles il suffit de dénombrer les véhicules présents sur le tronçon) assez fastidieuse et très gourmande en temps²³⁷.

La question qui se pose alors est la suivante : ne pourrait-on éviter d'avoir à mesurer les vitesses des véhicules sur ceux des tronçons qui "de toute évidence" sont d'échelle supérieure à 0 ? De même, ne pourrait-on éviter d'avoir à identifier les flux directionnels sur l'ensemble des carrefours ? Notre propos n'est pas de vouloir *définir* au préalable les axes de rabattement, mais de limiter le champ des possibilités pour ces derniers, c'est-à-dire de déterminer un sous-

236 Du fait de ce perpétuel changement d'origine, il est quasiment impossible de connaître la position exacte du véhicule dans un repère fixe, et donc de tracer le profil des vitesses du tronçon (courbe donnant la vitesse en fonction de la position d'un véhicule).

On pourra noter au passage que si notre idée d'utiliser l'appareil à visionner les microfiches avait été réalisable, le problème ne se serait pas posé puisque nous aurions pu tracer nos propres repères fixes directement sur les photocopies agrandies.

237 d'autant plus qu'une fois l'origine (provisoire) choisie, il faut encore repérer chaque véhicule d'une photo à l'autre, ce qui est malaisé sur des photos en noir et blanc : il est parfois nécessaire d'avoir recours au microscope de poche pour reconnaître le véhicule à sa forme, notamment lorsque plusieurs véhicules relativement proches les uns des autres ont des teintes - en termes de niveau de gris - identiques.

ensemble de l'ensemble des tronçons pour lequel on puisse dire : "si la notion d'axe de rabattement est pertinente, **alors** ces axes de rabattement appartiennent forcément à ce sous-ensemble".

Pour définir ce sous-ensemble (et alléger par ce biais la tâche de recueil de données), nous proposons deux hypothèses simplificatrices.

Première hypothèse simplificatrice : concentration comme mesure de flux

Selon notre modèle, le "flux automobile" doit permettre de déterminer l'échelle d'un tronçon. L'indicateur quantitatif traduisant un flux est le débit moyen Q (nombre de véhicules traversant le tronçon par unité de temps) ; le fameux "hiatus au niveau des flux" supposé distinguer (entre autres) un tronçon d'échelle 0 d'un tronçon d'échelle supérieure devrait donc être étudié sur la base du débit. Le calcul de cette grandeur nécessite cependant la connaissance de la vitesse moyenne²³⁸ (V), donnée dont nous aimerions pouvoir nous passer autant que faire se peut. Notre **première hypothèse simplificatrice** consiste alors à postuler que les effets environnementaux ("frottement" avec le territoire traversé) sur la voirie d'échelle 0 en tant que limitateurs de vitesse sont comparables à ceux du limiteur "congestion" sur les axes de rabattement (on est à l'heure de pointe du soir) : en d'autres termes, nous considérons que *les valeurs des vitesses sur les deux types de voies sont proches*; le débit moyen étant égal au produit de la vitesse moyenne par la concentration moyenne K ($Q = V.K$), cette dernière est une mesure pertinente du flux. La distinction entre tronçons d'échelle 0 et axes de rabattement se fera donc sur la base de cette concentration moyenne : si des "axes de rabattement" (et donc des points-de-réseau) existent sur notre terrain d'étude, ils seront forcément des **tronçons à trafic dense**.

Seconde hypothèse simplificatrice : largeur comme critère discriminant

En admettant cette première simplification, la démarche qui s'impose est de procéder à un premier comptage sur l'ensemble des tronçons du terrain d'étude pour déterminer les concentrations moyennes K seules (les tronçons possédant un K élevé pouvant alors être considérés comme autant d'axes de rabattement

238 Rappelons que si l'on appelle Q , V et K respectivement le débit moyen, la vitesse moyenne et la concentration moyenne sur un tronçon, et si l'on se place dans le cas d'un trafic homogène et stationnaire (cas où débits, vitesses et concentrations *instantanés* varient peu autour de ces valeurs moyennes), on a : $Q = V.K$.

potentiels, susceptibles de délimiter des points-de-réseau), puis revenir sur les tronçons d'échelle 0 pour y effectuer les mesures nécessaires à la détermination de la vitesse moyenne. Toutefois, cette démarche en deux étapes - la plus rigoureuse - présente l'inconvénient de rallonger le temps de collecte des données : il est bien plus rapide de "traiter" un tronçon une fois pour toutes (mesures des concentrations *et* des vitesses) que d'avoir à le localiser par deux fois, lui et tous les véhicules qui le traversent. Il serait donc bien utile de savoir *a priori* sur quels tronçons nous n'effectuerons que de simples comptages (les tronçons à trafic dense). Pour cela, nous nous référons à un ouvrage (datant, comme nos photographies aériennes, des années 1970) sur la conception des réseaux de transport urbains²³⁹. L'auteur y établit une typologie de voies, distinguant les voies rapides (comme le Boulevard Périphérique ou les voies express des berges), les voies de distribution, et les voies de desserte. Le premier type de voies est facilement identifiable : il s'agit en fait "d'autoroutes urbaines", que nous pouvons d'emblée considérer comme des axes de rabattement. Une distinction *a priori* entre voies de desserte (qui correspondraient sans doute à nos tronçons d'échelle 0) et voies de distribution paraît déjà moins évidente ; toutefois, J.-F. Coste écrit à propos de ces dernières : "*Ces voies constituent les artères, boulevards et rues principales de nos villes actuelles [...]. Ces voies ont les caractéristiques géométriques des artères des grandes villes : leur largeur varie de 25 à 50 m entre façades [...]. Leur débit est important (50 000 v/j), mais les vitesses pratiquées y sont faibles : 30 à 35 km/h*"²⁴⁰. Il serait ainsi possible d'opérer une distinction *a priori* sur la base d'un critère unique simple à mettre en œuvre - la largeur entre façades. L'existence d'un tel "effet de seuil" (au niveau des largeurs) entre tronçons d'échelle 0 et tronçons à trafic dense constitue notre **seconde hypothèse simplificatrice**.

Tronçon à trafic dense : définition

Moyennant ces deux hypothèses, nous proposons la définition suivante : jusqu'à preuve du contraire, nous appellerons *tronçon à trafic dense* (axe de rabattement potentiel) tout élément de voirie correspondant à un arc du graphe associé au réseau viaire constitué exclusivement par des rues de largeur de

²³⁹ COSTE, J.-F. -*Les infrastructures de transport*, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Équipement, du Logement et du Tourisme, CETE d'Aix en Provence, 1972.

²⁴⁰ idem p. 59 ; c'est nous qui soulignons.

façade à façade supérieure ou égale à 25 m. Cette définition *a priori* devra être vérifiée en comparant les concentrations moyennes par voie (indice simplifié de flux par voie) mesurées sur ces arcs à celles calculées sur les autres tronçons. Cette définition appelle deux remarques :

1- Sur le plan opératoire, un tronçon à trafic dense est donc totalement défini par deux critères simples :

un critère *dimensionnel*, puisqu'il doit présenter une largeur de façade à façade (une palissade ou un mur étant considérés comme une façade) d'au moins 24 mètres (nous nous accordons une tolérance de 1 m par rapport à l'ouvrage de Jean François Coste) ;

un critère *topologique* : conformément à notre adaptation du concept de point-de-réseau, adaptation dans laquelle le réseau viaire est censé pouvoir être analysé comme la superposition de deux réseaux (un "translocal" - toutes échelles supérieures à 0 confondues - délimitant des points-de-réseau, et un "local" - l'échelle 0 - assurant la desserte fine à l'intérieur de ces mailles ; cf. chapitre 3), les différents axes de rabattement (et donc les tronçons à trafic dense, pour pouvoir être considérés comme axes de rabattement potentiels) doivent, une fois mis bout à bout, *former un réseau connexe et maillé*. Il s'ensuit que pour être un axe de rabattement potentiel, un tronçon à trafic dense doit correspondre à un arc dont les *deux* extrémités sont des nœuds au sens strict de la théorie des graphes (ce qui exclut les "terminus" - nœuds constituant l'extrémité d'un arc unique).

2- Sur le plan théorique, il serait évidemment bien plus satisfaisant de traiter tous les tronçons de la même façon, et de procéder à la détermination des tronçons à trafic dense *a posteriori*. Cette facilité que nous nous accordons constitue cependant - répétons-le - un tel gain de temps au niveau de la collecte des données que nous avons estimé que c'était la meilleure chose à faire, malgré le risque lié à toute définition *a priori* : en effet, comment être sûr que la vérification quantitative confirme le bien fondé de cette dernière ? Cependant, il s'agit d'un risque calculé dans la mesure où les deux hypothèses simplificatrices adoptées ne semblent pas déraisonnables : est-il si hasardeux de postuler qu'à Paris, les percées "larges" haussmanniennes - une rue de largeur supérieure à 24 ou 25 m est souvent haussmannienne et donc souvent *conçue pour* relier entre eux des points éloignés de la ville (selon Bernard Rouleau)²⁴¹ - soient en très

241 A propos d'Hausmann, Bernard Rouleau écrit (ROULEAU, B. - "Le réseau des rues de Paris des origines à nos jours : des cheminements naturels à l'organisation de la ville", in *Paris et*

grande majorité des axes de rabattement potentiels au sens où nous l'entendons ?

5.2.3.- Résultat de la modélisation

Décomposition du terrain

Concrètement, pour décomposer le terrain d'étude, nous avons procédé de la manière suivante :

1- Tout d'abord, nous avons identifié les supposés tronçons à trafic dense sur la base des deux critères définis au paragraphe précédent : dimensionnel (largeur de façade à façade, mesurée sur plans de cadastre) et topologique (plan de Paris au 1/10.000, édité par la Direction de la Construction et du Logement de la Mairie de Paris).

2- Nous avons ensuite procédé au découpage en tronçons de l'ensemble des rues situées à l'intérieur des zones délimitées par ces supposés tronçons à trafic dense ; pour cela, nous avons utilisé les critères de définition du point-à-risque évoqués plus haut. Rappelons qu'un point-à-risque peut être :

- un carrefour complexe ("étoile" à cinq branches ou plus) ;
- un signal lumineux ;
- une place ;
- un achèvement en "T".

A ces quatre critères, nous pouvons en ajouter un cinquième : tout croisement entre un supposé tronçon à trafic dense (axe de rabattement potentiel) et une rue d'échelle 0 constitue de façon assez évidente une "coupure" de cette dernière, donc une limite de tronçon (par définition même de l'axe de rabattement,

ses réseaux : naissance d'un mode de vie urbain XIXe - XXe siècle, Université de Paris IV - Sorbonne, Centre de recherche en histoire de l'innovation, Paris, 1990, pp. 17-26) : "Dans une vision d'ensemble de la ville et pleinement conscient de la nécessité de doter ce grand corps très complexe d'un réseau de voies complet et coordonné, Haussmann s'est donné pour objectifs constants de désenclaver, dégager, relier." (pp. 24-25).

Notons cependant que la thèse selon laquelle Haussmann aurait conçu ses percées comme un système de communications hiérarchisées est controversée (cf. DES CARS, J. ; PINON, P. *et alii* -Paris-Haussmann, Édition Picard - Pavillon de l'Arsenal, Paris, 1991).

origine et/ou destination forcée de tout déplacement observé sur le réseau viaire d'échelle 0).

3- Pour terminer, afin de pouvoir procéder à la comparaison des concentrations sur les tronçons d'échelle 0 d'un côté, les supposés tronçons à trafic dense de l'autre ("comparer ce qui est comparable"), nous avons découpé ces derniers en tronçons selon les *mêmes* critères que les rues d'échelle 0 (carrefours complexes, signaux lumineux, places, achèvements en "T").

Bilan : 9 supposés points-de-réseau irrigués par des tronçons d'échelle 0

Le résultat de cette modélisation est représenté à la **figure 13** : 21 axes de rabattement potentiels (découpant le terrain d'étude en **9 zones** - des points-de-réseau ?), décomposés en 41 supposés tronçons à trafic dense, et 164 tronçons d'échelle 0 irriguant l'intérieur de ces 9 zones ; **205 tronçons en tout**, donc. On remarquera qu'alors que (par définition) les tronçons d'échelle 0 sont orientés (flèches noires ; pour les rues à double sens, on a un tronçon par sens), les supposés tronçons à trafic dense ne le sont pas (un axe de rabattement est forcément à double sens). On remarquera aussi que deux tronçons peuvent se croiser sans qu'il y ait de nœud (au sens de la théorie de graphes) au point de croisement ; cela tient évidemment à la définition des points à risque : tout carrefour n'étant pas l'aboutissement d'un tronçon, le graphe associé au réseau viaire d'échelle 0 à l'intérieur d'une zone n'est pas forcément planaire.

Pour les numéros de code, les conventions adoptées sont les suivantes :

-Les supposés tronçons à trafic dense sont désignés par une lettre suivie de trois chiffres (exemple : L256) ; la lettre est la dénomination de l'arc du graphe associé au réseau viaire constitué uniquement par des rues de largeur supérieure ou égale à 24 m ; le premier chiffre désigne le numéro du tronçon de cet arc ; les deux chiffres suivants désignent les numéros respectifs des zones (supposés points-de-réseau) que le supposé tronçon à trafic dense sépare. Ainsi, L256 désigne le tronçon numéro 2 de l'arc L, séparant la zone numéro 5 de la zone numéro 6 (par convention, tout ce qui est extérieur au terrain d'étude est désigné comme zone numéro 0).

-Les tronçons d'échelle 0 sont désignés par trois chiffres (exemple : 208) ; le premier chiffre désigne le numéro de la zone à laquelle le tronçon appartient ; les deux chiffres suivants représentent le numéro d'ordre du tronçon.

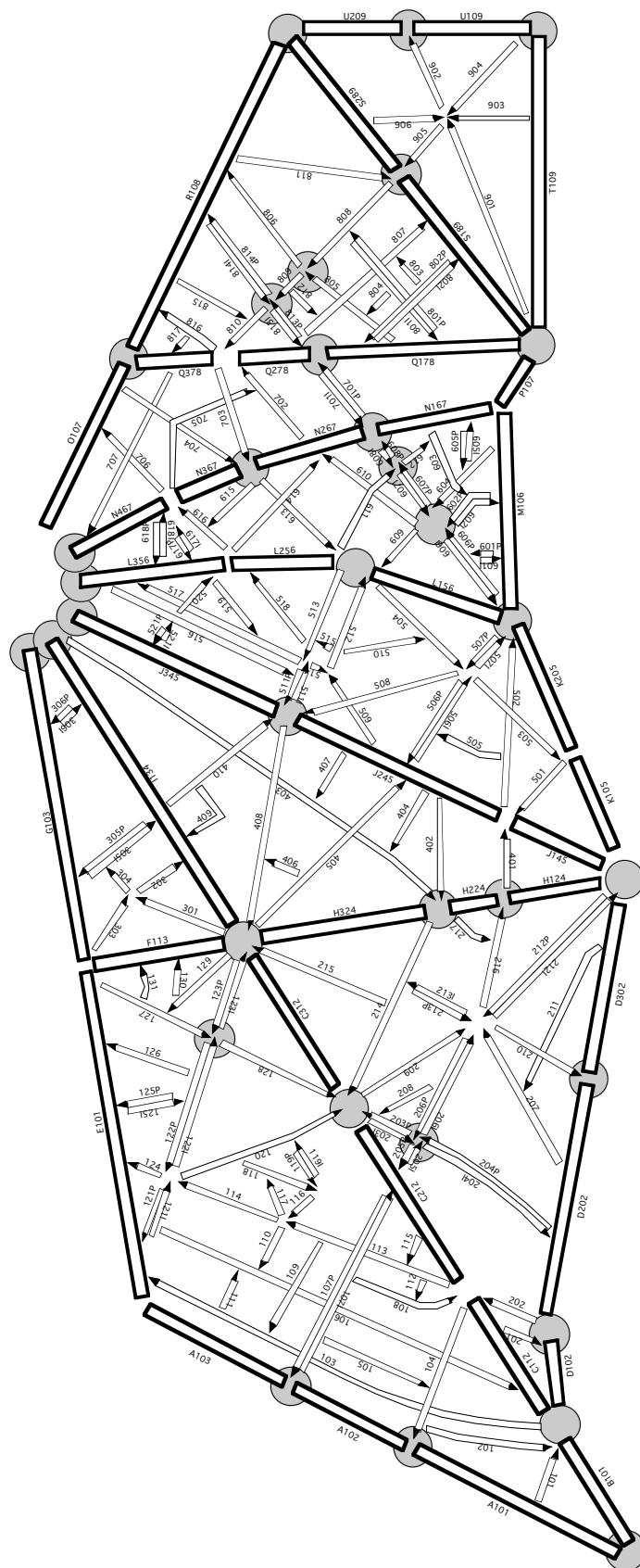


FIGURE 13
Terrain d'étude modélisé
(Source : Vaclav Stransky, 1995)

LEGENDE

- ← 513 Tronçon (par définition orienté)
avec numéro de code
- ▬ 341 Supposé tronçon à trafic dense
(Axe de rabattement potentiel),
par définition à double sens,
avec numéro de code
- Carrefours à feux (en 1977)

Ainsi, 208 désigne le tronçon numéro 8 de la zone numéro 2. Lorsqu'un tronçon fait partie d'une rue à double sens (c'est plutôt l'exception que la règle sur notre terrain d'étude), il porte le même numéro que son tronçon "jumelé" (celui correspondant à l'autre sens de circulation), et une lettre vient préciser à quel côté de la rue il correspond : "P" pour le côté pair (numéros d'immeubles), "I" pour le côté impair (exemple : tronçon 607P, ayant pour "jumeau" le tronçon 607I).

5.3.- Caractériser les tronçons : calcul des variables

Le terrain étant décomposé selon les besoins de l'étude, il s'agit maintenant de décrire chaque tronçon par un ensemble de variables. Ces dernières ont été définies au chapitre 3 à partir d'un modèle théorique : si elles sont donc supposées avoir un caractère "universel", il se peut que certaines d'entre elles ne soient pas pertinentes compte tenu des caractéristiques spécifiques du terrain d'étude retenu. Notre propos n'est évidemment pas de développer l'ensemble des spécificités de la ville de Paris par rapport à d'autres villes ou celles des quartiers analysés vis à vis d'autres quartiers²⁴². Nous nous intéressons ici aux seules spécificités propres à orienter le travail de recueil des données, spécificités qui n'ont pu être mises en évidence qu'au cours de ce dernier : c'était le cas - nous l'avons vu - pour l'enquête destinée à connaître l'emplacement des carrefours à feux en 1977, et au cours de laquelle nous avons appris que le terrain d'étude ne comportait ni panneaux STOP, CEDEZ LE PASSAGE ou de limitation de vitesse, ni disparités significatives au niveau du revêtement de la chaussée. Ainsi, les variables :

STOP

CEDP

LIMV

REVC

242 Nous pensons que les spécificités - sans doute fortes - telles que celles liées à la *constitution* du réseau viaire (cf. par exemple : ROULEAU, B. - "Le réseau des rues de Paris des origines à nos jours...", art. cit. ; de ce point de vue, chaque ville, chaque quartier, chaque rue est un cas à part) ne devraient pas être un obstacle à la pertinence de notre travail, notamment son caractère (plus ou moins) généralisable. Mais cette assertion mériterait évidemment d'être vérifiée... ce qui, compte tenu du manque drastique de données de trafic fines, nécessiterait un travail complémentaire de longue haleine.

peuvent être éliminées de la liste établie au chapitre 3 (cf. aussi dictionnaire des variables en **annexe 2**).

Si le recueil des informations a constitué une étape d'adaptation du modèle proposé aux spécificités du terrain et a conduit à l'élimination de certaines variables inutiles, il a été également l'occasion de fixer des options de calcul nécessaires pour passer de l'information brute aux variables proprement dites. Loin d'être une phase purement "mécanique", la collecte des données a donc consisté en une série de choix raisonnés destinés à rendre pertinente l'information finalement contenue dans les variables.

C'est la description rapide de ces choix et de la codification en résultant qui fait l'objet de cette section 5.3, où les différentes variables sont regroupées en fonction du mode de recueil des données nécessaire à leur calcul. Une telle classification "par sources" paraît en effet mieux adaptée qu'une séparation "collecte de données de trafic/collecte de données morphologiques" : en particulier, du fait de l'ancienneté du corpus d'analyse, les photographies aériennes dont nous disposons - matériau de base pour collecter les données de trafic - constituent également une source inestimable d'informations relatives à la "morphologie" des tronçons de 1977²⁴³. Les deux autres principales sources utilisées sont des plans et des visites *in situ*.

Pour que la collecte des données soit faite de façon homogène, nous avons établi des fiches de recueil normalisées de deux types : une pour les données de trafic (cf. **annexe 6** et **annexe 6bis**), une pour les données morphologiques (cf. **annexe 7** et **annexe 7bis**).

Ces quelques remarques d'ordre général étant faites, voyons - source par source - la manière dont le travail de terrain proprement dit ainsi que le choix final des variables et leur mode de calcul ont été effectués.

243 La possibilité d'avoir recours au Fichier RGU (Répertoire Géographique Urbain) d'époque (1975) a évidemment été envisagée, mais n'a malheureusement pas abouti, car il a été impossible de le retrouver : Gérard Scemama de l'INRETS s'en était servi pour réaliser un travail de recherche sur la voirie parisienne (SCEMAMA, G. -*Fonctionnement de la voirie - Un modèle d'Aide au Diagnostic et à la Reconnaissance de Tronçons Urbains*, Rapport de recherche I.R.T. n° 73, Arcueil, 1984. L'auteur donne une description sommaire du Fichier RGU de 1975 en page 6), avant de le remettre à la Direction de la Voirie des Services Techniques de la Mairie de Paris ; nous avons réussi à le "pister" jusqu'à l'Observatoire des Déplacements du Centre de Recherches et d'Études Techniques (où il devrait se trouver, selon tous les témoignages)... et où la trace se perd.

5.3.1.- Photographies aériennes : recueil des données de trafic

Généralités

On l'a vu, la technique de collecte des informations concernant le trafic est simple... en théorie ; en pratique, ce genre un peu particulier de photo-interprétation demande l'acquisition d'un savoir-faire, de l'entraînement (mémoire visuelle, à la fois pour reconnaître un véhicule d'un cliché à l'autre à d'infimes détails, et pour se souvenir - sur la base de repères spatiaux - de la position approximative du véhicule sur le cliché précédent), mais aussi, semble-t-il, certaines "prédispositions"(acuité visuelle²⁴⁴).

Il serait inutile de nous apesantir sur le déroulement du recueil de données proprement dit ; disons simplement que du fait d'un certain nombre de difficultés (phénomène de dévers, ombres portées trop intenses, présence d'arbres, qualité moyenne des clichés...), 14 tronçons parmi les 164 ont dû être considérés comme illisibles (pour certains d'entre eux, seule une partie de la chaussée était visible ; d'autres étaient observables, mais pendant une durée trop courte) ; il s'agit des tronçons :

102, 103, 117, 119P, 119I, 130, 131, 401, 406, 512, 602P, 611, 618P et 618I.

Les observations ont donc été effectuées sur les 150 tronçons d'échelle 0 (et les 41 supposés tronçons à trafic dense) restants.

En revanche, il est indispensable de préciser un certain nombre de points relatifs aux **options de calcul de la vitesse moyenne** - indicateur essentiel qui, selon notre modèle, est censé traduire le "comportement moyen" de l'ensemble des automobilistes parcourant un tronçon.

Pertinence de la "moyenne des moyennes" : des présupposés nécessaires

Le premier point concerne la signification exacte de cette valeur moyenne (calculée sur un ensemble de véhicules observés sur trois couvertures différentes) de vitesses moyennes individuelles (distance parcourue par un véhicule donné entre le premier et le dernier cliché où celui-ci se trouve sur le tronçon, divisée par le temps nécessaire pour couvrir cette distance).

²⁴⁴ Nous avons tenté de sous-traiter une partie du travail à des stagiaires... qui, après quelques tentatives, ont déclaré forfait.

-Le fait que les véhicules soient observés sur trois couvertures différentes ne pose *a priori* pas de problèmes : les conditions d'observation peuvent être considérées comme identiques (heure de pointe du soir, au cours d'un même mois et par beau temps - condition *sine qua non* pour réaliser des photographies aériennes exploitables).

-Le fait d'agréger différents automobilistes est déjà plus discutable ; nous nous sommes toutefois suffisamment étendus sur ce point lors de l'élaboration de notre modèle d'analyse au chapitre 3 (le terrain d'analyse a été choisi pour ses qualités "homogénéisantes").

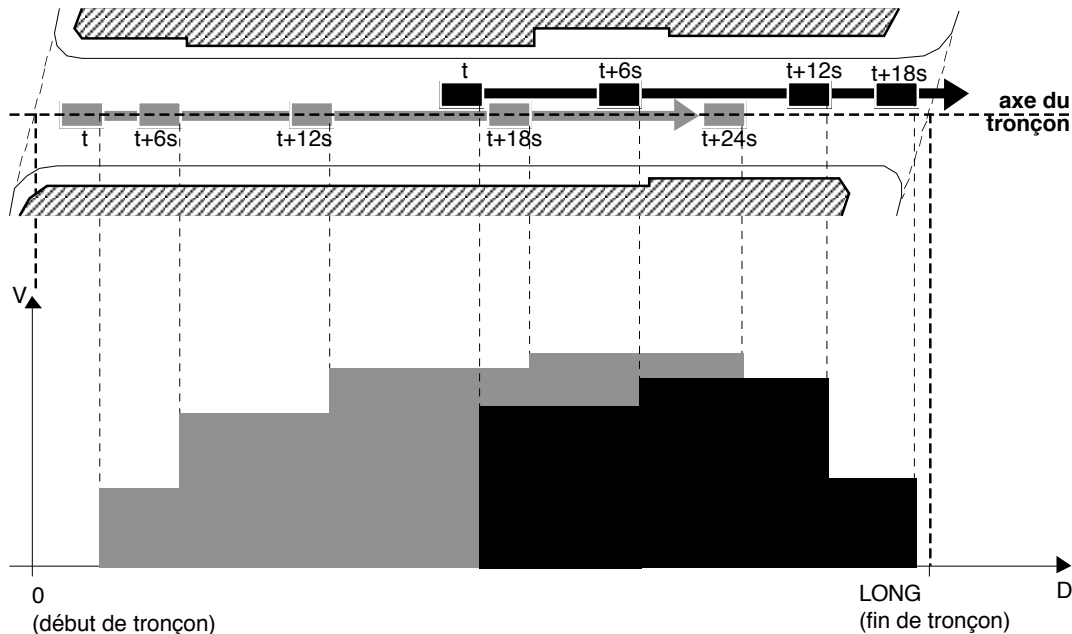
-Le fait de fonder le calcul sur la vitesse moyenne de chaque véhicule pendant la durée d'observation de ce dernier sur le tronçon étudié ne poserait aucun problème théorique (nous avons vu au chapitre 3 que s'il est correctement délimité, un tronçon est parcouru selon un schéma-type "accélération-palier-décélération") si la durée d'observation (sur une couverture donnée) était suffisante pour que les véhicules observés puissent parcourir le tronçon d'un bout à l'autre. Or tel n'est pas toujours le cas, loin s'en faut : en règle générale, pour les tronçons relativement longs, il n'est possible de suivre la trajectoire d'un véhicule que sur une partie de ces derniers. N'y aurait-il alors pas lieu, plutôt que de calculer des moyennes de vitesses ne concernant pas forcément les *mêmes* parties de tronçon, de chercher à déterminer le *profil des vitesses*²⁴⁵ supposé caractériser celui-ci du fait de l'hypothèse de "proximité comportementale" entre automobilistes, et de retenir comme caractéristique fonctionnelle du tronçon une vitesse calculée à partir de la courbe obtenue ? (Cf. **figure 14** un exemple de reconstitution d'un profil des vitesses à partir de l'observation de deux véhicules). Si une telle démarche serait sans doute la plus rigoureuse, elle n'est malheureusement pas adaptée aux données disponibles, la cadence de prise de vues étant trop faible pour déterminer des profils de vitesses exploitables (Cf. **figure 15**). Par ailleurs - on l'a vu - il est malaisé de déterminer, sur les photos aériennes, la position exacte d'un véhicule sur le tronçon ; le tracé des profils de vitesses par tronçon aurait donc allongé très significativement le temps de recueil (déjà suffisamment long) des données de trafic.

²⁴⁵ en superposant et en mettant bout à bout des parties de cette courbe, issue chacune de l'observation d'un véhicule différent.

FIGURE 14 Exemple de profils des vitesses d'après photos aériennes

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

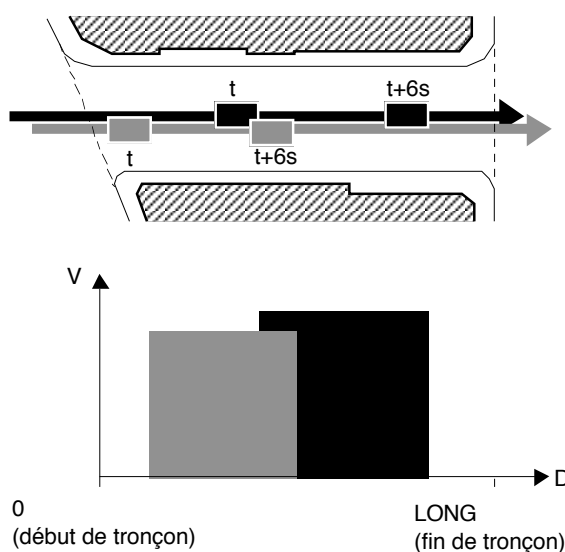
Les rectangles (noirs et gris) représentent deux véhicules parcourant un tronçon observable sur 5 clichés successifs d'une couverture aérienne (le temps d'observation maximum est donc de 24 secondes) ; l'instant t correspond au premier cliché sur lequel la chaussée du tronçon est visible dans son ensemble.



Le profil des vitesses (vitesse V en fonction de la distance D parcourue depuis le début du tronçon) construit à partir d'une série de photographies aériennes ne peut être qu'une "courbe en escaliers", la vitesse portée en ordonnée étant non pas une vitesse instantanée (comme c'est le cas pour un profil des vitesses obtenu avec un véhicule équipé en appareils de mesure), mais une vitesse moyenne entre deux clichés successifs. Par ailleurs, si le temps écoulé entre le premier et le dernier cliché (sur lesquels la chaussée est observable) n'est pas suffisant, la "courbe" correspondant à chaque véhicule n'est que partielle, ce dernier ne parcourant qu'une partie du tronçon pendant la durée d'observation.

FIGURE 15 Cas des tronçons courts

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



Tout particulièrement dans le cas des tronçons courts, la cadence de prise de vues (une photo toutes les 6 secondes) est trop faible pour permettre de tracer des profils de vitesses exploitables : par exemple, il est probable (mais nous n'avons aucun moyen de le vérifier) qu'entre la dernière observation (correspondant à l'instant $t+6s$) et la suivante (qui concerne le tronçon suivant), le véhicule gris a accéléré, puis ralenti en arrivant en fin de tronçon, puis de nouveau accéléré.

Il s'agit là d'un cas typique où le profil des vitesses "par paliers" est strictement sans intérêt du fait d'observations d'une finesse insuffisante : l'usage d'une telle "courbe" n'apporterait rien par rapport au simple calcul de la moyenne des vitesses (moyennes) des véhicules observés.

Pour toutes ces raisons, il a été décidé de s'en tenir à l'option de calcul initiale (déterminer des "moyennes de vitesses moyennes"²⁴⁶), ce qui présuppose non seulement que sur un tronçon donné, les conducteurs ont des comportements "proches" (**premier postulat**, issu du modèle établi au chapitre 3) et que ces comportements varient peu d'une couverture à l'autre (**second postulat**, fondé sur la connaissance des données disponibles), mais également que pendant la durée d'observation totale (les trois couvertures), le nombre de véhicules parcourant le tronçon est suffisant pour qu'en première approximation, on puisse considérer que tout se passe comme si l'on observait un *nombre entier* de véhicules parcourant le tronçon dans son *intégralité*, d'un bout à l'autre (**troisième postulat**, sans doute le plus discutable).

Les résultats de notre étude sont évidemment tributaires de ces trois postulats.

Tenir compte des véhicules à l'arrêt dans le calcul de la vitesse moyenne ?

Si l'on suppose que la durée d'observation totale du tronçon (les trois couvertures) est suffisante pour que la situation observée puisse être considérée comme représentative des conditions de trafic "courantes" réelles à l'heure de pointe du soir (en termes de proportion statistique entre véhicules en mouvement et véhicules à l'arrêt), on peut se demander s'il faut tenir compte des véhicules à l'arrêt dans le calcul de la vitesse moyenne. La question est loin d'être anodine ; en fait, la réponse dépend du niveau auquel on se place.

-Du point de vue d'un automobiliste pris *isolément*, tenir compte de la durée d'arrêt qu'il sera statistiquement amené à faire une fois arrivé en fin de tronçon serait vraisemblablement absurde : la vitesse pratiquée sera fonction des seules caractéristiques du tronçon au moment du parcours de ce dernier... peut-être quelque peu adaptée aux conditions que l'automobiliste - considéré comme un "habitué" des lieux - s'attend à trouver à l'extrémité du tronçon (ce qui signifie qu'un arrêt en fin de tronçon - si cet arrêt est considéré comme "probable" par l'automobiliste - sera vraisemblablement, pris en compte par ce dernier en modérant sa vitesse de parcours afin d'éviter une décélération trop brusque).

-D'un autre côté, notre propos est, ne l'oublions pas, de caractériser chaque tronçon dans son intégralité (comme élément de réseau) par son aptitude à

²⁴⁶ On comprendra aisément que dans ces conditions, le calcul d'un indicateur de dispersion (par exemple l'écart type) des vitesses moyennes n'aurait aucune signification, ces dernières pouvant avoir été calculées sur différentes parties du tronçon.

transmettre des flux (en fonction de ses caractéristiques formelles) ; or celle-ci est également tributaire de la durée probable passée à l'arrêt par les véhicules qui empruntent le tronçon. Cette durée statistique d'arrêt ne dépend-elle pas de certaines caractéristiques formelles du tronçon, notamment topologiques (sa "place" dans le réseau viaire) ?

Ainsi, selon que l'on se place dans une optique individuelle ou globale (collective), la vitesse à calculer devrait être la vitesse moyenne des seuls véhicules en *mouvement* dans un cas, celle de l'ensemble des véhicules en *circulation* (véhicules en mouvement et véhicules à l'arrêt) dans l'autre.

Compte tenu du caractère exploratoire de ce travail, nous avons décidé de retenir et d'étudier (en fonction de la morphologie) les deux types de vitesses (chacune ayant une signification différente), que nous appelons respectivement :

VMVT : Vitesse moyenne des véhicules en mouvement.

VCIR : Vitesse moyenne des véhicules en circulation.

On trouvera en **annexe 8** le principe de calcul de ces deux variables.

Outre ces deux vitesses, nous avons également décidé de prendre en compte, à titre indicatif, les deux variables suivantes :

VMAX : Vitesse moyenne maximale observée sur le tronçon.

VMIN : Vitesse moyenne minimale observée sur le tronçon.

Ni l'une ni l'autre ne nécessite de calcul : il s'agit des vitesses moyennes des deux véhicules en mouvement ayant parcouru le tronçon (ou une partie du tronçon si le temps d'observation est insuffisant) respectivement avec la vitesse moyenne la plus élevée et la vitesse moyenne la plus faible (hormis les véhicules à l'arrêt, évidemment).

Si l'on admet l'hypothèse des "proximités comportementales", et surtout dans le cas des tronçons "longs" ne permettant pas l'observation du parcours intégral (d'un bout à l'autre) d'un même véhicule, ces vitesses traduisent (grossièrement) le comportement de l'automobiliste, respectivement en phase de palier (partie centrale du tronçon) et en phase d'accélération ou de décélération (partie initiale ou finale du tronçon).

Si la seconde variable, VMIN (que nous n'avons retenue que par souci de "symétrie" vis-à-vis de VMAX), risque de ne pas présenter un grand intérêt²⁴⁷, la première, VMAX, pourrait être considérée comme un indicateur de comportement dans la partie "courante" du tronçon, non biaisé par les phases initiale et finale du parcours. Cependant, la valeur de cette variable doit être considérée avec réserves puisque ne dépendant que de l'observation d'un seul véhicule.

Précision des mesures de vitesses

Il est clair que compte tenu de toutes les hypothèses simplificatrices adoptées, point n'est nécessaire de connaître les vitesses au kilomètre à l'heure près : des ordres de grandeur sont suffisants. Néanmoins, il peut être intéressant d'estimer la précision à laquelle nous pensons être arrivés avec les moyens relativement limités dont nous disposons.

On trouvera en **annexe 9** la liste des principales sources d'erreurs de mesure et le calcul de la précision qui en résulte, de même que la détermination rigoureuse de l'échelle des photographies ; disons simplement que pour des vitesses moyennes de l'ordre de 25 km/h et des durées d'observation de 24 secondes (5 clichés) par couverture, l'erreur commise ne dépasse pas 5% (soit 1,25 km/h d'erreur absolue)... erreur due essentiellement à l'imprécision (de l'ordre de 1/10^{ème} de seconde) de la cadence des prises de vues et au fait que pour des raisons de commodité, nous avons décidé d'arrondir les distances parcourues par les véhicules (mesurées sur les photographies, d'échelle approximative 1/15 000) au **demi-millimètre** le plus proche, donc de travailler avec une précision de 0,25 millimètre, soit environ 3,8 m (on peut remarquer que cette valeur correspondant approximativement à la longueur d'une voiture particulière, les mesures des distances ont été effectuées "à la longueur d'un véhicule près"). Si l'on se réfère à la figure de l'**annexe 9**, il est clair que les mesures de vitesses les moins précises sont effectuées sur les tronçons très courts, où les véhicules ne peuvent souvent être observés que sur deux clichés

247 La valeur de VMIN dépend évidemment de la part de "zone de palier" parcourue par l'automobile ayant servi de base à son calcul. S'il est raisonnable de penser que sur chaque tronçon, au moins un véhicule en phase initiale ou finale pourra être observé, la vitesse moyenne de dernier dépendra - toutes choses égales par ailleurs - de la durée d'observation, très variable d'un tronçon à l'autre.

successifs... et où ils ne peuvent prendre de la vitesse (d'où vitesse moyenne faible) : dans le cas - extrême et rarissime - d'un tel véhicule circulant à 10 km/h de moyenne, l'erreur relative sera de plus de 30 % (courbe E₂ de l'annexe 8), soit une erreur absolue de 3 km/h environ (ce qui d'ailleurs n'est pas énorme).

Comme corollaire de la précision retenue pour la mesure des distances, nous considérons tout véhicule parcourant moins d'un quart de millimètre entre deux clichés successifs (six secondes) comme étant à l'arrêt (un quart de millimètre parcouru en six secondes correspond à une vitesse moyenne d'environ 2,5 km/h).

Calcul des concentrations moyennes

Le recueil de la seconde catégorie de données de trafic - les concentrations moyennes - n'a posé aucun problème : il suffit de dénombrer les véhicules photographiés et de diviser ce chiffre par le nombre de clichés ayant permis l'observation. Le résultat (nombre *moyen* de véhicules présents simultanément sur un photo) est ensuite rapporté (suivant la variable calculée) à une portion de 100 m du tronçon (variable C100), à une portion de 100 m de *voie* du tronçon (variable CVOI) ou à une *surface* circulaire du tronçon (variable CLAR).

5.3.2.- Photographies aériennes : recueil des données morphologiques

La principale donnée morphologique ne pouvant être recueillie autrement que sur photographies aériennes (et qui plus est, sur *les* photographies aériennes ayant servi à collecter les données de trafic) est évidemment la quantité de véhicules en stationnement

Nous avons vu au chapitre 3 que ces derniers - source exclusive d'obstacles "fixes" sur la chaussée - interviennent dans plusieurs variables : le nombre de voies "utiles" pour la circulation automobile (VOIN), la largeur utile courante totale de la chaussée (LUCT, dont la valeur est égale à celle de VOIN si le tronçon fait partie d'une rue à sens unique), les densités de goulots d'étranglement significatifs - dûs principalement à des véhicules stationnant en double file - à droite et à gauche du tronçon (DGED, DGEG), et les densités

d'élargissements significatifs - dûs à des places de parking le long des trottoirs restées inoccupées (quelle qu'en soit la raison) - à droite et à gauche du tronçon (DEUD, DEUG). Voyons maintenant plus en détail la manière dont toutes ces variables ont été calculées.

Choix de dimensions standard : rétrécissement unitaire, unité de passage

Par nature même des obstacles concernés (véhicules), il est possible d'avoir recours à des valeurs numériques "normalisées" : point n'est besoin de mesurer au microscope les parties occupées de la voie, il suffit de dénombrer les véhicules en stationnement, et de considérer qu'ils ont tous des dimensions standard, déterminées empiriquement. De même, des valeurs empiriques peuvent être utilisées pour connaître la largeur d'une voie de passage pour véhicules, grandeur nécessaire pour le calcul de la variable VOIN. Ainsi, en nous inspirant d'un essai normatif de Roger Couraud de la D.D.E. des Yvelines, qui s'intéresse aux marges de croisement nécessaires sur des voies de différents niveaux de vitesses²⁴⁸, nous retenons, comme largeur d'une voie de passage dans ces rues supposées avant tout "de desserte locale", la valeur forfaitaire de **2,30 m** ; de même, nous considérons qu'un véhicule en stationnement rétrécit la chaussée de **1,90 m** (1,70 m pour le véhicule et 0,20 m entre ce dernier et le trottoir).

Véhicules en stationnement : variable morphologique moyenne

Se pose ensuite la question des options de calcul, donc de la manière dont ces nombres de véhicules doivent être combinés pour fournir des valeurs ayant un sens, une signification pouvant être interprétée. Le principal problème réside évidemment dans le fait que nous travaillons sur trois couvertures aériennes distinctes, mais qui ont été agrégées afin que nous puissions disposer de temps d'observation suffisamment longs pour que les données de trafic recueillies soient représentatives de la situation réelle : en fait, nous supposons que tout se passe comme si l'on observait les tronçons non pas au cours de trois journées différentes, mais à une seule reprise durant un temps (approximativement) trois fois plus long. Or le nombre de véhicules en stationnement - *a priori* différent

248 COURAUD, R. - "Rétrécissement de chaussée et ralentissement", in *TEC*, n° 75, mars-avril 1986, pp. 29-32.

d'une couverture à l'autre - nous sert néanmoins à calculer des variables morphologiques, par définition immuables ; comment concilier l'éphémère et le persistant ?

Ce problème de prime abord insoluble a trouvé une solution empirique au cours du travail de terrain : il est apparu en effet que dans la grande majorité des cas, les variations (entre couvertures) au niveau du nombre de véhicules stationnant sur un tronçon donné étaient faibles, de l'ordre de quelques véhicules ; de ce fait, nous nous contentons de calculer le taux d'occupation *moyen* sur les trois couvertures (rapport entre la longueur occupée en moyenne par des véhicules en stationnement et la longueur pouvant "physiquement" servir d'aire de stationnement le long des trottoirs), ou plutôt, le taux "d'inoccupation" (longueur de stationnement potentiel laissée libre) pour les variables DEUD et DEUG.

Le constat d'une faible fluctuation a pu d'ailleurs également être fait pour le stationnement en double file (ce qui était loin d'être évident *a priori*) ; s'il est hors de propos de parler d'une variabilité peu importante au niveau du *nombre* proprement dit de véhicules observés dans ce cas de stationnement particulier (en général, un véhicule par tronçon, parfois deux, très rarement trois), l'uniformité réside dans leur présence ou leur absence : de toute évidence, sur certains tronçons, on stationne systématiquement en double file (bien que pas forcément aux mêmes endroits du tronçon, d'une couverture à l'autre), dans d'autres non. Il a donc été décidé de calculer les variables de densités de goulots d'étranglement (DGED et DGEG) simplement par le biais de la moyenne, sur les trois couvertures, du nombre de véhicules stationnant en double file²⁴⁹.

Ce parti pris de passer par les moyennes s'insère assez bien dans la logique d'ensemble de ce travail, qui consiste à caractériser globalement un tronçon :

249 Bien entendu, malgré la relative faiblesse de variabilité évoquée précédemment, il peut arriver que sur certains tronçons, on observe du stationnement en double file sur deux couvertures, mais pas sur la troisième. Le fait de calculer malgré tout un "taux d'occupation en double file moyen" procède du raisonnement suivant : *si* la densité de goulots d'étranglements influe de façon significative sur la vitesse pratiquée, *alors* cette influence se traduira par un abaissement de la vitesse moyenne des véhicules traversant le tronçon au moment de la ou les couvertures où du stationnement en double file est observé, **et donc** par un abaissement (moins important) de la vitesse moyenne calculée sur les trois couvertures. Evidemment, ce raisonnement est purement qualitatif : en particulier, nous ne faisons aucun présupposé sur la linéarité du lien entre la vitesse et la présence de véhicules stationnant en double file (phénomène qui n'est lui-même qu'une hypothèse).

après des comportements moyens, on a maintenant des "morphologies moyennes"...

Rétrécissement continu et rétrécissement ponctuel

Si la moyenne des taux d'occupation en simple et en double file semble donc être adaptée à notre terrain et à notre démarche, il est un dernier point qui mérite d'être précisé : où placer la limite entre un rétrécissement "continu", supposé affecter la largeur utile du tronçon dans son ensemble, et des rétrécissements "ponctuels" ? Car si la question ne se pose pas pour le stationnement en double file (sur notre terrain d'étude, il s'agit toujours de rétrécissements ponctuels), comment traiter les cas de stationnement **très** intermittent en simple file ? Evidemment, c'est le rôle des variables de densités d'élargissements, DEUD et DEUG, que de tenir compte de ce caractère plus ou moins continu du taux d'occupation des places de parking potentielles ; mais dans quelle mesure ces variables sont-elles pertinentes dans les cas limite, comme par exemple un véhicule unique en stationnement illicite sur un tronçon où le stationnement est interdit ? Ne vaut-il alors pas mieux traiter ce cas à la manière du stationnement en double file, donc en termes de goulots d'étranglement ?

La règle que nous nous sommes donnée consiste simplement à postuler qu'en deçà d'un taux d'occupation de places de stationnement potentielles (la longueur forfaitaire d'une place de stationnement étant fixée à **5 m**) égal à **10 %** (i.e., moins d'une place potentielle sur dix utilisée), la largeur utile du tronçon *est* la largeur utile de la chaussée, considérée comme non réduite²⁵⁰, et les éventuels véhicules en stationnement en simple file deviennent des goulots d'étranglement. Evidemment, cette valeur de 10 % peut *a priori* sembler arbitraire ; cependant, elle résulte là encore d'un constat empirique : en règle générale, le taux d'occupation des places de parking potentielles est très élevé (proche de la saturation), les taux les *moins forts* - à de très rares exceptions

²⁵⁰ donc égale à la largeur utile totale de la chaussée (LUCT) ou à la moitié de cette largeur (1/2 LUCT) si le tronçon appartient à une rue à double sens. Ces cas de figure correspondent évidemment à un taux d'occupation de places de stationnement inférieur à 10 % **des deux côtés** du tronçon. Dans le cas contraire (un seul côté "libre" de véhicules en stationnement), la largeur utile ne sera réduite que d'une largeur de véhicule ; dans le cas d'une rue à double sens, la largeur utile restante sera divisée par deux pour obtenir celle de chacun des tronçons "jumeaux" qui en sont issus... sauf si elle est explicitement définie par un marquage au sol (séparation par une ligne, interrompue ou non).

près - se situant (dans les tronçons non règlementés par des interdictions de stationner) aux alentours de 50 %, situation pouvant être assimilée *de facto*, du point de vue de l'automobiliste, à un rétrécissement *continu* d'une valeur égale à la largeur des véhicules en stationnement²⁵¹ (une moyenne de une place libre sur deux ne représente pas à proprement parler un accroissement de largeur de circulation utile, tout juste des possibilités "locales" d'évitement, traduites par les variables DEUD et DEUG) ; les cas de taux d'occupation situés entre 50 % et 10 % sont, quant à eux, exceptionnels.

Repérage des transformations morphologiques depuis 1977

Les autres données pour lesquelles le recours à la photographie aérienne s'est avéré indispensable (ou en tous cas commode, car nous évitant des recherches fastidieuses annexes) sont de deux sortes :

1- Celles relatives aux changements intervenus sur la chaussée des tronçons, dont aucune trace n'a probablement été gardée (pas même dans les archives des services techniques de la voirie) : il s'agit de la signalisation horizontale (marquages au sol) et des passages-piétons, les uns et les autres étant repérables sur les clichés. A ce sujet, notons qu'aucun marquage au sol n'ayant été observé sur les tronçons de cette époque (mis à part les passages-piétons, dont la densité est prise en compte par la variable DEPC), nous pouvons éliminer la variable MARQ de notre liste initiale.

2- Les transformations du bâti (qui interviennent dans le calcul de certaines variables morphologiques du tronçon), sont mises en évidence grâce à une comparaison détaillée (tronçon par tronçon et immeuble par immeuble) entre

251 C'est pour cette raison que nous avons préféré cette solution, plus ou moins fondée sur le bon sens, à une approche sans doute plus théorisée, mais plus difficilement interprétable à un niveau désagréé, comme celle consistant à calculer un "équivalent perte de largeur". Un exemple d'une telle approche est le modèle cité par Gérard Scemama de l'INRETS (SCEMAMA, G. -*Fonctionnement de la voirie ...*, op. cit., p.43), liant la perte de largeur ΔL à la densité de stationnement d (exprimée en véhicules par kilomètre) suivant la formule : $\Delta L = 1,31 \log_{10}(1,61 d)$.

Ce modèle a été utilisé dans un certain nombre de travaux étrangers, parmi lesquels nous citerons :

MATSOUKIS, E. C. - "Speed/Flow Relationships in the central Glasgow area", in *Transportation Planning and Technology*, Vol.6, 1980, pp. 21-26.

les clichés de 1977 et ceux, datant de 1990, originaires de l'*Observatoire des Déplacements*²⁵².

5.3.3.- Recueil de données sur plans

Plan de rues

Le plan de Paris Michelin de 1977 (Michelin, Paris index plan, Transport - sens uniques, échelle **1 / 10 000**), a été utilisé surtout pour le repérage général, les sens uniques, l'emplacement des parkings (nécessaire pour la variable SPEC) et les variables topologiques (DTGD, DTTD, DCTT).

Plans de cadastre

Ces plans (source : *Conservation du Plan*, Mairie de Paris, Direction de la Construction et du Logement) au 1 / 1 000 sont utilisés pour l'ensemble des mesures "planaires" nécessaires au calcul de la plupart des variables ayant au moins une composante dimensionnelle et/ou géométrique (Cf. la "pyramide des variables" de la **figure 6** à la fin du chapitre 3, le lexique des variables de l'**annexe 2** et la fiche de recueil des données morphologiques aux **annexes 7 et 7bis**).

S'il est inutile de détailler les quelques calculs (très simples) permettant de passer des données recueillies aux variables, il est souhaitable d'apporter quelques précisions au niveau des options retenues.

1- Tout d'abord, évoquons la manière dont nous avons procédé pour effectuer certaines mesures ; en particulier, la longueur du tronçon est la longueur mesurée sur son axe et délimitée par les points d'intersection entre ce dernier et les droites tangentes aux trottoirs aux deux extrémités du tronçon (Cf. plus haut à la **figure 14**) ; la valeur de la longueur du tronçon (LONG) est arrondie aux **5 m** près (longueur d'une place de parking) : cette précision nous paraît largement suffisante à l'échelle des déplacements automobiles. D'ailleurs, nombre de mesures ont été prises dans cette optique prenant les dimensions de

²⁵² inexploitable - nous l'avons vu - pour le recueil de données de trafic, mais permettant ce genre d'analyse du bâti (les transformations observées sont d'ailleurs minimes)

l'automobile (ou de la place de parking) comme référent ou unité de base : ainsi, nous considérons comme "significatif" un élargissement ou un rétrécissement entre façades (pour le calcul des variables DEFD, DEFG, DRFD et DRFG) supérieur ou égal à 5 m ; pour les élargissements et rétrécissements significatifs de la largeur optique, nous prenons pour valeur limite 2,5 m. La raison de cette différence de traitement entre largeur optique et largeur entre façades est que ces dernières sont souvent un peu en retrait par rapport à la chaussée, donc moins "présentes" dans ce qui peut être perçu par l'automobiliste comme un "environnement *immédiat*". Les éléments délimitant la largeur optique (murs, murets, grilles ou haies opaques), plus proches de l'automobiliste que les façades, nous semblent mériter une prise en compte de "détails dimensionnels" plus fins ; la valeur proprement dite - 2,5 m, c'est-à-dire la largeur d'une place de parking - a été retenue pour la raison évoquée plus haut, à savoir que nous prenons l'automobile comme élément dimensionnel de base, "mesure de tout". Par ailleurs, l'automobiliste étant supposé régler son comportement sur sa perception globale du tronçon dès son entrée dans ce dernier, la prise en compte de détails trop fins, difficilement discernables à des distances de l'ordre de la centaine de mètres, nous paraissait être peu pertinente. Notons enfin qu'ayant constaté qu'*aucun* tronçon ne présentait de *rétrécissements* significatifs par rapport aux largeurs "courantes" (tant optiques qu'entre façades), nous avons supprimé les variables DRFD, DRFG, DROD et DROG, considérées comme inutiles dans le cas particulier de notre terrain d'étude.

2- La seconde option de calcul méritant d'être développée est relative aux largeurs des parcelles, plus précisément à leur variabilité au sein d'un même tronçon : à l'origine, il était prévu que cette dernière serait mesurée à l'aide de l'écart-type ; or le calcul de cet indicateur aurait nécessité la saisie (sur tableur) des largeurs de l'ensemble des parcelles bordant les deux cotés de chacun des 164 tronçons, soit plusieurs milliers de nombres... ce qui en soi n'est pas un obstacle insurmontable²⁵³ ; mais des contraintes de temps nous ont amenés à retenir un autre indicateur de dispersion, sans doute moins "performant" que l'écart-type, mais immédiat à calculer : il s'agit de l'*étendue*²⁵⁴, indice obtenu en faisant la différence entre les deux valeurs extrêmes de la série de nombres dont

253 comparativement aux mois passés sur la table lumineuse, l'œil rivé à la loupe...

254 Cf. : VESSEREAU, A. -*La statistique*, op. cit., pp. 24 - 25.

on cherche à caractériser la dispersion (dans notre cas, différence entre la parcelle la plus large et la parcelle la plus étroite sur un côté du tronçon).

3- Précisons enfin que c'est également sur ces plans de cadastre qu'a été déterminée l'orientation de chaque tronçon (variable ORIT) ; par convention, nous posons qu'une orientation plein Nord (en tenant compte du sens de circulation du tronçon) correspond à un angle de 0° , les autres orientations étant mesurées dans le sens des aiguilles d'une montre :

plein Est = 90°

plein Sud = 180°

plein Ouest = 270°

La précision des mesures adoptée est de 5° : ORIT peut donc prendre $360 / 5 = 72$ valeurs différentes.

Plans avec hauteur de bâti

Plans parcellaires au **1 / 2 000** avec hauteur du bâti, édités par la *Conservation du Plan* (q.v.). Sur ces documents, 5 classes de hauteurs sont distinguées par couleurs :

- Bâtiments à rez de chaussée
- Bâtiments de 1 à 3 étages
- Bâtiments de 4 à 8 étages
- Bâtiments de 9 à 12 étages
- Bâtiments de plus de 13 étages.

Ce sont ces classes que nous avons retenues pour le calcul des variables HAFD, HAFG, DAHD, DAHG, DDHD et DDHG (d'une certaine manière, nous avons donc adapté la finesse des mesures des hauteurs à celle des données facilement disponibles...) ; la validité de ces données pour 1977 (éventuelles transformations du bâti entre la date des campagnes aériennes d'étude de trafic et la date d'édition des plans) a été vérifiée par comparaison des photos aériennes de 1977 avec celles de 1990.

Plans de géomètre

Plans de cadastre comportant les altitudes exactes (à 10 cm près) en différents points de la chaussée, en particulier aux carrefours. Ces plans, à usage interne,

ont été consultés au Service de Topométrie Générale²⁵⁵ de la *Conservation du Plan* (q.v.) ; les données recueillies nous ont permis de calculer les variables PROF et CRET.

Plans "historiques"

Plans présentés dans l'ouvrage de Bernard Rouleau²⁵⁶ indiquant les dates de percement des différents tronçons (variable HIST). Nous avons adopté une typologie très fruste, puisque nous ne distinguons que trois époques différentes : avant Haussmann, pendant Haussmann (y compris les percées qu'il a planifiées mais qui n'ont pas été réalisées de son vivant) et après Haussmann...

5.3.4.- Recueil des données sur le terrain

Les visites sur le terrain se sont déroulées en deux phases.

La première, réalisée au volant d'un véhicule, ne mérite pas que l'on s'y attarde : il s'agissait simplement de parcourir toutes les rues concernées afin de s'"imprégner" de l'ambiance générale des quartiers étudiés du point de vue du conducteur.

La seconde phase, nettement plus longue que la précédente, a consisté à parcourir à pied, un par un, l'ensemble des 164 tronçons (un peu plus de trente kilomètres de voies, sans compter les nécessaires trajets redondants²⁵⁷) afin de relever les informations impossibles à recueillir autrement : portes cochères²⁵⁸ (variables DPCD et DPCG), vitrines (DVLD et DVLG), et "items spéciaux" générateurs de trafic, tels que les sorties de parking (parkings publics ou parkings d'immeubles), sorties de garage, sorties de station-service... (variable SPEC).

255 Nous remercions au passage M. Vielle, ingénieur topographique, qui nous a autorisé à consulter et à reproduire des plans qui en général ne sont pas accessibles au public.

256 ROULEAU, B. -*Le tracé des rues de Paris*, op. cit.

257 La préparation de cette série de promenades - au demeurant agréables - a été l'occasion de poser un problème très classique relevant de la Théorie des graphes : quel est le trajet optimal, partant d'un point (par exemple une station de métro) et arrivant à ce même point, pour parcourir **tous** les arcs d'un réseau maillé (celui irriguant un supposé point-de-réseau, par exemple) ? En l'occurrence, ce trajet optimal est d'environ 40 km.

258 nous n'avons retenu que les portes cochères comportant un panneau d'interdiction de stationner ou toute autre indication de sortie possible de véhicules.

Les données nécessaires ont été collectées systématiquement en remplissant au fur et à mesure les rubriques correspondantes des fiches de recueil de données morphologiques (**annexes 7 et 7bis**).

Le travail de simple observation et de comptage a été complété par des entretiens improvisés, notamment pour connaître la date de création d'un élément important (parking²⁵⁹, garage) et pour nous assurer que les magasins (vitrines) existaient en 1977 (en général, il a suffi de poser la question dans un magasin par tronçon, les commerçants se connaissant... entre voisins et concurrents).

Dans l'ensemble, toutes ces visites sur le terrain ont contribué à confirmer la pertinence de notre choix :

en règle générale, les tronçons que nous avons supposés être d'échelle 0 (largeur entre façades inférieure à 25 m plus ou moins 1 m) appartiennent à des rues calmes et dépourvues de "vie de rue parasite" (pas de marchés ni de cafés débordant sur les trottoirs, densité de trafic piéton non excessive, etc.) susceptible de fausser les observations, mais possédant toutefois une assez grande variété de configurations morphologiques ;

en revanche, les supposés tronçons à trafic dense (largeur entre façades supérieure ou égale à 25 m) semblent avoir, de prime abord, toutes les caractéristiques (aussi bien au niveau de la configuration morphologique d'ensemble que de la densité de trafic constatée *de visu*) d'axes de rabattement potentiels.

5.4.- Base de données et validation des choix préliminaires

Une fois toutes les données brutes recueillies, l'ensemble des variables retenues ont enfin été calculées.

La base de données intégrale, présentée en **annexe 10**, comporte en outre des "informations diverses" qui viennent compléter les variables retenues : nombre de photos et temps d'observation du tronçon (NPHO, TOBS), "activité circulaire" observée, exprimée en *véhicules.hectomètres* (VEHM), nombre de

259 Depuis 1977, de nombreux parkings souterrains ont été créés. Cependant, les sorties de la plupart d'entre eux (du moins les plus importants) sont localisés sur les "axes de rabattement" ; les changements intervenus sur les tronçons d'échelle 0 (ceux qui font l'objet de notre étude) sont, de ce point de vue, peu nombreux.

véhicules cumulé en circulation sur les trois couvertures (NVEC), nombre moyen de véhicules en stationnement (NVES), nombre moyen et écart type (sur les trois couvertures) de véhicules en stationnement de chaque côté du tronçon (NSSD et ESSD pour le côté droit, NSSG et ESSG pour le côté gauche).

En outre, ces tableaux ont permis de calculer quelques sommes et valeurs moyennes globales (statistiques descriptives), donnant des ordres de grandeur relatifs à notre terrain d'étude ; nous présentons ci-après ceux qui nous semblent être les plus intéressants.

5.4.1.- Quelques éléments de description du terrain d'étude

Notre échantillon comporte **150 tronçons** "lisibles", d'une longueur totale de **29 030 m**, soit une longueur moyenne de **194 m** ; le tronçon le plus long mesure 880 m, le plus court 35 m (mais ce sont des cas exceptionnels) ; la durée d'observation moyenne est d'un peu plus d'**une minute** (2 minutes pour la durée d'observation maximale, 24 seconde pour la durée d'observation la plus courte - là encore, cas exceptionnels), soit environ 20 secondes par couverture, ou en d'autres termes, 4 à 5 clichés d'observation : la précision de détermination des vitesses peut donc en général être considérée comme très correcte (Cf. courbes E₄ et E₅ de l'**annexe 9**).

Le nombre total de véhicules en circulation observés est de **1142**, soit une moyenne d'environ **8 véhicules par tronçon**²⁶⁰, représentant approximativement 3800 véh.hm (ou **380 véh.km**) ; la vitesse moyenne de ces véhicules est d'environ **24 km/h** si l'on ne tient compte que des automobiles en mouvement (VMVT), de **19 km/h** si l'on considère également celles à l'arrêt (VCIR) ; la moyenne des vitesses maximales sur les tronçons (VMAX) est de **31 km/h**, la vitesse maximale observée la plus élevée est de **79 km/h**.

Les concentrations moyennes sont peu élevées - un peu plus d'**un véhicule par segment de 100 m de voie** (en moyenne) : *a priori*, et sous réserve de la pertinence de ce seul indice de tendance centrale, l'échantillon choisi semble

²⁶⁰ Ce chiffre est toutefois trompeur dans la mesure où sur un certain nombre de tronçons, de desserte "ultra-locale", aucun véhicule en circulation n'a été observé.

adapté à l'étude d'influences autres que le trafic lui-même sur la vitesse pratiquée.

Les vitesses moyennes (VCIR) et les concentrations (C100) permettent également de calculer les débits : la moyenne est d'un peu moins de **3 véhicules par minute**, le débit global de la zone étudiée (pour peu que cette notion ait un sens) est de **432 véh/mn**.

Le nombre total de véhicules en stationnement observés est de **13 533** (plus 222 en double file), soit **4 511** en moyenne par couverture (74 en double file), représentant environ **18 véhicules par côté de tronçon** ; l'écart type moyen est inférieur à **3 véhicules**, ce qui confirme la faible variabilité au niveau du stationnement évoquée plus haut : en règle générale, d'ailleurs, les moyennes sont de l'ordre de quelques dizaines, les écarts types de l'ordre de quelques unités... à de rares exceptions près, notamment parmi les tronçons très courts où le nombre moyen de véhicules en stationnement se mesure également en unités.

5.4.2.- Validation *a posteriori* des hypothèses simplificatrices

Première hypothèse simplificatrice : concentration comme mesure de flux

Rappelons que pour faciliter la tâche de recueil des données de trafic, nous avons postulé que les voies d'une largeur entre façades supérieure ou égale à 25 m (± 1 m) étaient vraisemblablement des "tronçons à trafic dense". Mais la densité de trafic (concentration par voie) ne nous intéresse que dans la mesure où celle-ci peut traduire une importance de flux : c'est entre autres sur la base d'un hiatus au niveau de ce dernier²⁶¹ que doit se faire - rappelons-le - la distinction entre tronçons d'échelle 0 et axes de rabattement, les tronçons à trafic denses n'étant pour nous qu'une étape pour tenter de mettre en évidence l'existence de ces derniers en tant que "frontières de points-de-réseau". Nous avons donc postulé également qu'en heure de pointe, l'effet ralentisseur de la concentration de trafic sur les grands axes était comparable à celui des facteurs

²⁶¹ nous raisonnons évidemment en flux par voie : il serait absurde de comparer le débit d'une rue à une voie de circulation à celui d'une avenue en ayant trois ou quatre par sens.

morphologiques de la voirie de desserte locale (*a priori* peu encombrée), ou en d'autres termes, que les vitesses pratiquées sur les supposés tronçons à trafic dense et les supposés tronçons d'échelle 0 ont des valeurs proches : en première approximation, la comparaison des *concentrations* moyennes par voie est censée être équivalente à celle des *débits* moyens par voie. Le but de cette hypothèse était de ne pas avoir à déterminer, sur un supposé tronçon à trafic dense, les distances parcourues par les différents véhicules en circulation entre le premier et le dernier cliché où ceux-ci sont observables ; les seules informations que nous ayons concernant les vitesses sur les "grands axes" de cette époque sont les résultats de la campagne d'étude de trafic réalisée à l'aide des photographies aériennes sur lesquelles nous avons travaillé (les résultats de cette campagne ont fait l'objet d'une publication²⁶²). Toutefois, trois problèmes méthodologiques s'opposent à une comparaison rigoureuse entre les résultats de cette étude et ceux obtenus par nous :

- d'abord, les calculs ont été effectués sur six couvertures aériennes ; les trois qui nous manquent restent introuvables ;
- ensuite, le choix du réseau pris en compte dans cette étude ne correspond pas au nôtre : les indicateurs de trafic ont été calculés sur une partie seulement des voies correspondant à nos supposés "tronçons à trafic dense" ;
- enfin, le découpage en tronçons ne correspond évidemment absolument pas à nos critères de décomposition²⁶³.

Cependant, nous estimons que ces vitesses suffisent à donner un ordre de grandeur fiable du niveau de vitesse pratiquée, à cette époque et à cette période de la journée, sur les "grands axes" des quartiers étudiés.

Pour réaliser cette comparaison (par définition assez grossière), et puisque nos supposés tronçons à trafic dense sont tous à double sens de circulation, nous avons décidé de raisonner sur les deux sens confondus : ainsi, nous avons calculé, pour les tronçons d'échelle 0 à double sens, une vitesse moyenne fictive de circulation (variable temporaire appelée VCIR2) ; nous avons fait de même pour les 31 supposés tronçons à trafic dense (parmi les 41, q.v.) pour lesquels

262 DREIF/Ville de Paris - Direction de la voirie - *Indicateurs de circulation*, ... *op.cit.* ; c'est l'incontournable Yves Robin-Prévallée qui nous a fourni un exemplaire de cette publication par ailleurs introuvable.

263 Selon Yves Robin Prévallée, le découpage réalisé à l'époque n'a pas été fait selon des critères précis.

nous disposons de vitesses moyennes de circulation grâce à l'étude de 1977. Les résultats obtenus sont assez rassurants : si la vitesse moyenne "VCIR2" sur les 150 supposés tronçons d'échelle 0 est d'environ **19 km/h**, elle est de moins de **21 km/h** pour les "grands axes" présents sur notre terrain d'étude.

Ainsi, en première approximation, **la concentration par voie peut être considérée comme élément pertinent de comparaison de flux, et donc comme variable discriminante entre tronçons d'échelle 0 et axes de rabattement.**

Seconde hypothèse simplificatrice : largeur comme critère discriminant

Nous avons ensuite comparé les concentrations par voie. Ces comparaisons - bien plus rigoureuses que les précédentes puisque tous les calculs résultent des comptages effectués par nous sur les trois couvertures aériennes disponibles - ont elles aussi été réalisées sur la base de valeurs relatives aux deux sens de circulation confondus (variable temporaire appelée CVOI2), ce qui a évité, lors des comptages, d'avoir à distinguer un sens de l'autre²⁶⁴. Concrètement, nous avons procédé en deux étapes :

1- Dans un premier temps, les moyennes des deux séries de valeurs de la variable CVOI2 ont été comparées : cette moyenne est d'environ **un véhicule par 100 m de voie** (1,05 pour être précis) pour les supposés tronçons d'échelle 0 contre **trois véhicules par 100 m de voie** (3,02) pour les supposés tronçons à trafic dense. On trouvera en **annexe 11** la base de données ayant permis de calculer ces valeurs moyennes (aussi bien les concentrations CVOI2 que les vitesses VCIR2), ainsi qu'un certain nombre d'autres statistiques descriptives générales relatives aux supposés tronçons à trafic dense (faisant pendant à celles calculées pour les tronçons d'échelle 0 présentées plus haut) ; citons simplement la longueur cumulée de ces derniers (au nombre de 41), qui est de **12 690 m** (la longueur totale des 150 + 41 tronçons confondus est donc de **41 720 m**), leur durée moyenne d'observation (**63 secondes**, à comparer aux 61 secondes des tronçons d'échelle 0), et le nombre de véhicules en circulation observés (**4 937**²⁶⁵,

264 Cette distinction n'est pas toujours aisée, surtout lorsque le trafic est dense et lorsque l'on ne s'occupe pas des distances parcourues entre clichés - ce qui était l'objectif premier de toute notre démarche fondée sur les deux hypothèses simplificatrices que nous sommes en train d'essayer de justifier *a posteriori*.

265 Ce nombre est vraisemblablement en deçà de la réalité, les plantations d'arbres sur certains de ces 41 tronçons masquant partiellement la chaussée.

ce qui, ajouté aux 1 142 véhicules observés sur les supposés tronçons d'échelle 0 donne un total de **6 079 véhicules en circulation**).

2- Ensuite, pour affiner cette première comparaison - effectuée sur des bases solides, mais en prenant comme seul indicateur la moyenne - nous avons étudié les histogrammes des fréquences des concentrations CVOI2 pour les deux échantillons de tronçons (cf. **figure 16**). Nous reviendrons plus en détail sur la comparaison de ces deux distributions ; disons d'ores et déjà que globalement, il y a un véritable hiatus au niveau des concentrations entre les deux types de tronçons ; les résultats graphiques sont suffisamment explicites, et ce n'est que par acquis de conscience que nous avons effectué un test de Kolmogorov²⁶⁶... ayant évidemment montré que la probabilité de se tromper en rejetant l'hypothèse selon laquelle les deux distributions proviennent d'un *même* échantillon est largement inférieure à 1 %.

La conclusion opératoire est donc qu'en première approximation, la distinction opérée *a priori* sur la base du seul critère de la largeur entre façades semble pertinente : le hiatus au niveau des concentrations (et donc des flux, du fait de niveaux de vitesses analogues sur les deux types de tronçons²⁶⁷) est bien réel ; **les 41 tronçons peuvent donc désormais être réellement considérés comme des tronçons à trafic dense, c'est-à-dire comme des axes de rabattement potentiels.**

5.4.3.- Point-de-réseau et voirie urbaine : validation du modèle

La vérification, sur le terrain d'étude choisi, du modèle du point-de-réseau adapté au cas de la voirie urbaine constitue une validation *a posteriori* du choix de l'objet d'analyse sur ce terrain : les tronçons d'échelle 0. Pour que ce modèle puisse être considéré comme recevable, quatre conditions (que nous reprenons une à une ci-après) doivent être vérifiées (cf. **figure 4** au chapitre 3).

266 L'une des applications de ce test statistique - plus puissant que le test du χ^2 (KHI2) - est de tester l'identité de deux distributions *empiriques* (pas nécessairement des distributions normales, comme c'est le cas pour le test t, par exemple). Pour le test de Kolmogorov, se reporter à :

TASSI, P. -*Méthodes statistiques*, Economica, Collection Economie et statistiques avancées, Paris, 1989, pp. 316-318.

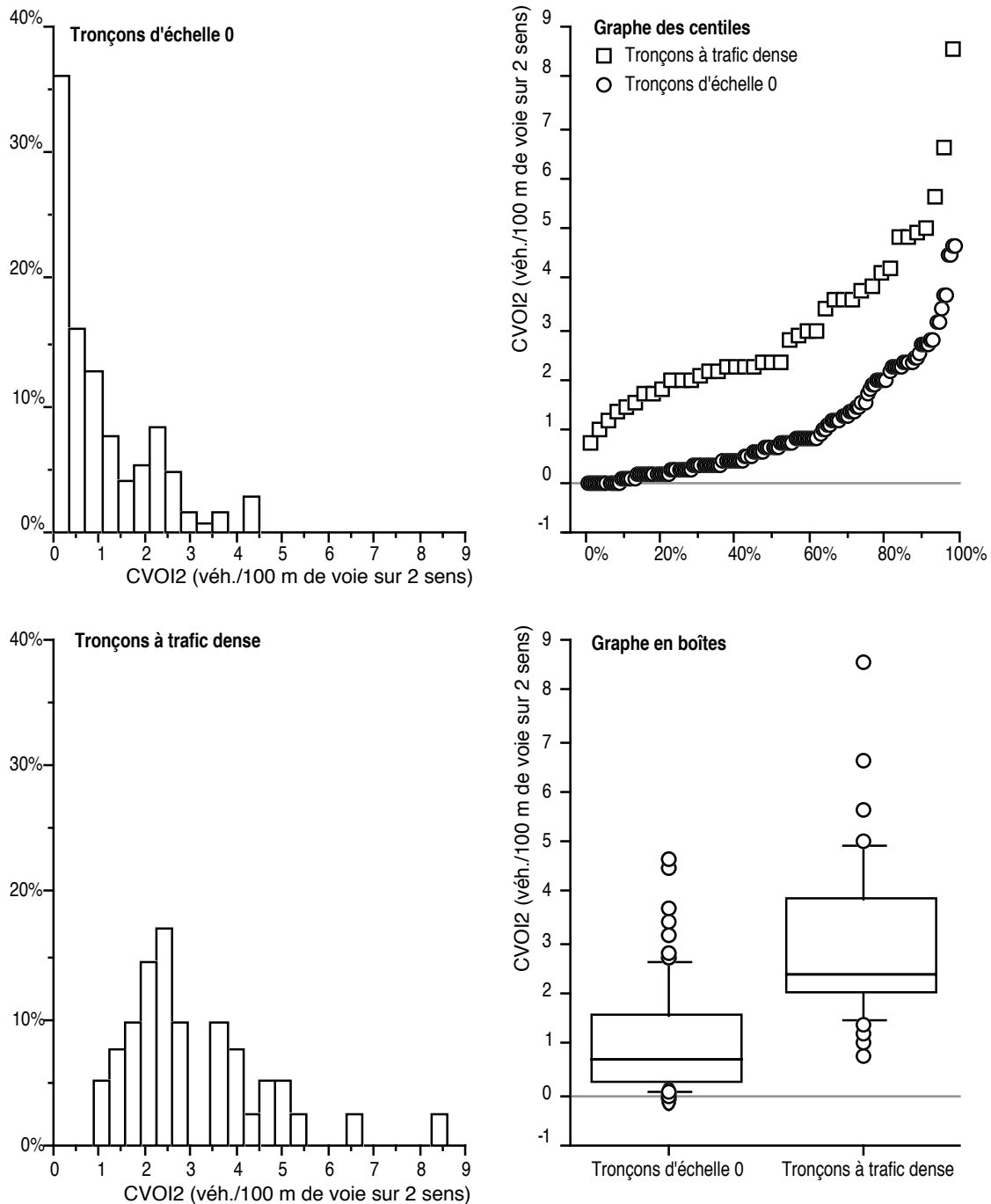
267 bien que les raisons de la faiblesse relative de cette vitesse soient différentes dans les deux cas.

FIGURE 16

Concentrations CVOI2 (nombre de véh./100m de voie sur les 2 sens)

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

L'ensemble de ces graphiques - histogrammes, graphe des centile, graphe en boîtes - a été réalisé avec le logiciel StatView (Abacus Concepts, Inc, Berkeley, CA, 1992). Le graphe en boîte n'est qu'une autre manière de représenter les centiles : chaque graphe est composé de cinq lignes horizontales affichant les 10ème, 25ème, 50ème, 75ème et 90ème centiles de la variable ; seules les valeurs de cette dernière situées au dessus du 90ème centile et au dessous du 10ème centile sont représentés sous forme de points, ce qui facilite les comparaisons visuelles.



Existence de zones délimitées par des voies à trafic dense (condition 2)

Parmi ces conditions, la seconde a été soumise avec succès à l'épreuve des faits au paragraphe précédent : le terrain d'étude est bien découpé par des mailles d'un réseau viaire connexe (constitué par les 41 tronçons de largeur entre façades supérieure à 25 m - les axes de rabattement potentiels), caractérisés dans l'ensemble par des niveaux de concentration de trafic par voie²⁶⁸ significativement supérieurs à ceux observés sur les tronçons de voies irriguant l'intérieur de ces mailles.

Si la condition 2 est donc bien vérifiée, qu'en est-il des autres ?

Ces zones sont de dimensions réduites... (condition 3)

Les dimensions des zones délimitées par les voies à trafic dense sont de taille suffisamment réduite (leur plus petite dimension est de l'ordre de quelques centaines de mètres, leur plus grande dimension dépasse rarement le kilomètre : cf. **figure 17**) pour ne pas justifier un usage systématique du véhicule particulier pour les déplacements internes.

...et sont irriguées par des rues à trafic peu dense (condition 1)

Parallèlement, on notera sur le graphe des centiles de la **figure 18** que plus des deux tiers de ces tronçons supportent un trafic dont la concentration moyenne est inférieure à un véhicule par 100 m de voie. Nous en concluons que globalement, les niveaux de trafic par voie sur les tronçons irriguant les supposés points-de-réseau sont faibles.

Activité circulatoire aux frontières : vérification de la condition 4

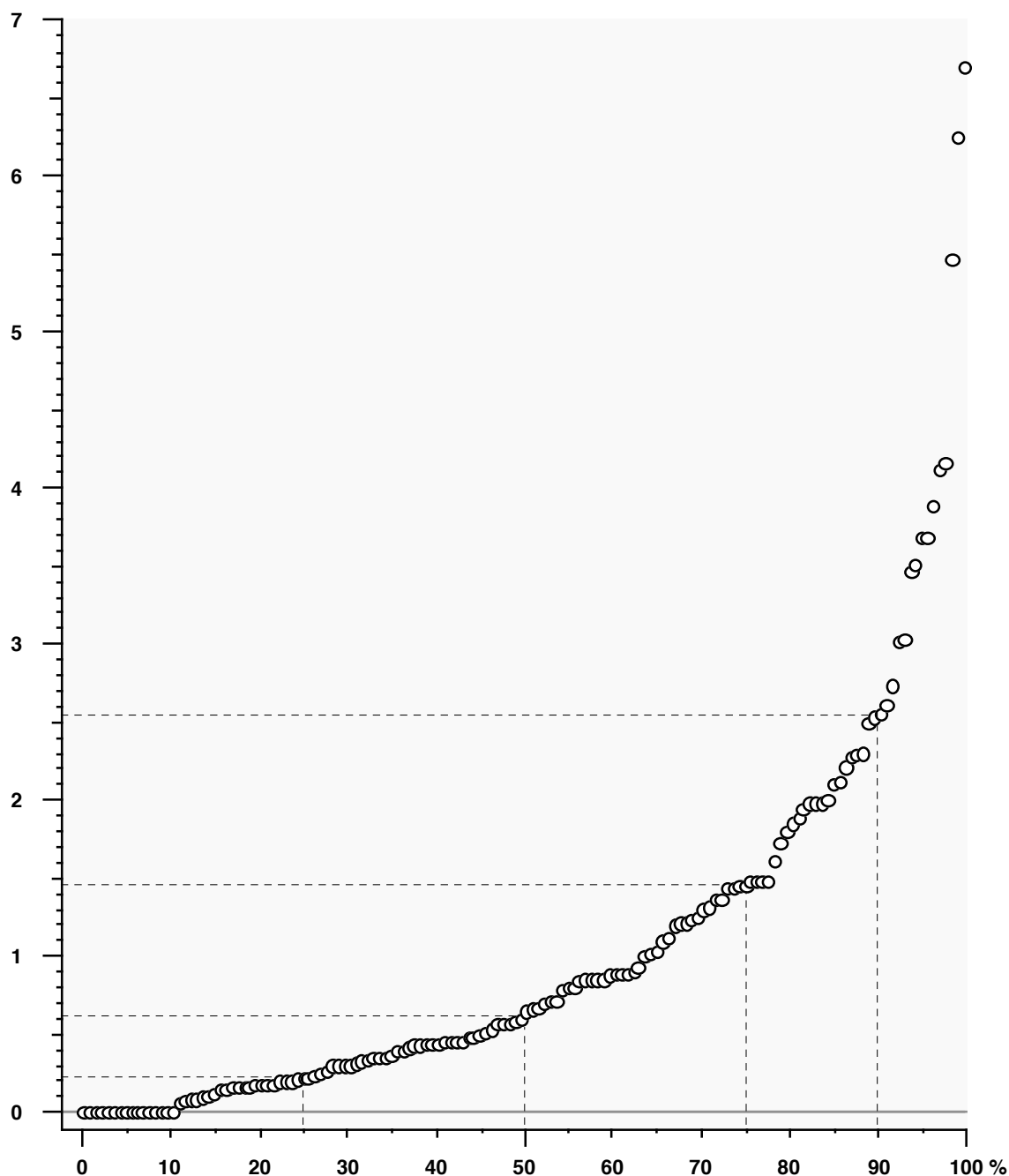
La quatrième et dernière condition concerne ce que l'on pourrait appeler "l'activité circulatoire aux frontières des points-de-réseau". Pour la mesurer, nous avons procédé à des comptages directionnels sur l'ensemble des carrefours (et ce sur toutes les couvertures aériennes disponibles) entre supposés tronçons d'échelle 0 et axes de rabattement potentiels.

268 Rappelons que compte tenu des vitesses moyennes observées (globalement, même ordre de grandeur sur les deux types de tronçons), la concentration par voie est bien une mesure de flux, car elle peut être assimilée à un débit par voie.

FIGURE 18**Graphe des centiles des tronçons d'échelle 0 (pour la variable CVOI)**

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

Ce graphique donne la valeur de la variable CVOI, exprimée en nombre de véhicules par 100 m de voie, en fonction du pourcentage de tronçons dont la variable CVOI est inférieure à cette valeur. Nous avons représenté 4 valeurs singulières de la variable CVOI, correspondant à 25%, 50%, 75% et 90% : ainsi, par exemple, la moitié des supposés tronçons d'échelle 0 supportent un trafic de concentration moyenne inférieur ou égal à 0,6 véhicules par 100 m de voies (soit environ 1 véhicule tous les 150 m). Ce graphe des centiles nous permet de conclure que, globalement, les supposés tronçons d'échelle 0 sont traversés par des flux de véhicules de faible intensité.



Concrètement, trois grandeurs ont été calculées sur chacun de ces carrefours :

1- Le nombre de véhicules débouchant d'un supposé tronçon d'échelle 0 sur un axe de rabattement potentiel et s'insérant dans le trafic de ce dernier (dans un sens ou dans l'autre) ; par rapport au supposé point-de-réseau, il s'agit de **sorties** (ou de "rabattement") de véhicules.

2- Le nombre de véhicules circulant sur un axe de rabattement potentiel et qui, arrivés au carrefour étudié, s'engagent dans un supposé tronçon d'échelle 0 ; par rapport à notre problématique, il s'agit d'**entrées** (ou "d'irrigation") de véhicules dans le supposé point-de-réseau.

3- Le nombre de véhicules qui, sortant d'un supposé point-de-réseau et arrivant au carrefour, traversent l'axe de rabattement potentiel pour entrer dans le supposé point-de-réseau limitrophe au premier ; nous appellerons ce phénomène la **traversée**, qu'il s'agisse d'entrée ou de sortie (le sens de la traversée importe peu : ce qui nous intéresse, c'est le phénomène de déplacement automobile qui *n'emprunte pas* le réseau de voies à trafic dense).

Les résultats de tous ces comptages ont été représentés sous forme graphique dans **l'annexe 12**. L'examen des graphes globaux de cette annexe (graphiques en camembert résumant la répartition du trafic aux frontières de chaque supposé point-de-réseau) montre tout d'abord que les sorties sont prédominantes ; en effet, sur l'ensemble des 9 supposés points-de-réseau, l'activité circulaire totale observée aux frontières se répartit comme suit :

62 % des véhicules observés sont "**sortants**" ;

30 % des véhicules observés sont "**entrants**" ;

8 % des véhicules observés sont "**traversants**".

La comparaison des deux premiers pourcentages permet de conclure que si de par sa composition, le trafic observé ne peut être tenu à proprement parler pour homogène (la quantité de véhicules entrants est loin d'être négligeable), le fait que le phénomène de rabattement sur les grands axes soit prédominant tendrait à montrer que notre travail de délimitation préliminaire du terrain d'étude (cf. chapitre 5) n'était pas absurde : si l'on considère d'une part que les véhicules "sortants" des supposés points-de-réseau correspondent aux départs des quartiers étudiés, d'autre part que la situation aux frontières est représentative de l'ensemble des véhicules circulant dans ces quartiers à cette période de la journée, on peut affirmer qu'un véhicule pris au hasard n'importe où sur notre terrain d'étude a environ deux chances sur trois d'être conduit par une personne effectuant vraisemblablement le déplacement travail-domicile ; la zone étudiée

serait donc bien *principalement* une zone d'émission à l'heure de pointe du soir... tout en étant également une zone d'attraction. Ce résultat quant au caractère mitigé (de ce point de vue) du terrain d'étude était d'ailleurs prévisible : un quartier (surtout dans une ville historique) ne renferme jamais uniquement des activités de bureau, pas plus qu'il n'est exclusivement résidentiel.

Le troisième pourcentage (8 %) montre quant à lui qu'en moyenne sur l'ensemble du terrain d'étude, la traversée des supposés axes de rabattement est un phénomène plutôt marginal.

Après avoir étudié les valeurs moyennes (sur l'ensemble des 9 supposés points-de-réseau) des trois "catégories" de trafic (entrants, sortants, traversants), voyons ce qu'il en est de la dispersion de ces valeurs d'un point-de-réseau à l'autre.

Ce qui frappe en premier lieu, c'est que cette dispersion est remarquablement faible - du moins pour les deux premiers pourcentages :

- la proportion des véhicules sortants (trafic émis par le supposé point-de-réseau) varie, certes, entre 50 % (point-de-réseau 7) et 100 % (point-de-réseau 3), mais en dehors de ces deux cas extrêmes, la proportion de l'émission est comprise entre 56 % et 67 % ;

- la proportion des véhicules entrants varie entre 0 % (point-de-réseau 3) et 41 % (point-de-réseau 9), mais là encore, si on laisse de côté ces deux extrêmes, les bornes de la fourchette des valeurs sont 25 % et 32 %.

La plus grande variabilité entre supposés points-de-réseau concerne la proportion des traversées : 0 % (point-de-réseau 3) à 19 % (point-de-réseau 7), sans que de véritables extrêmes soient identifiables (sauf la valeur 19 %, qui se démarque quelque peu par rapport aux autres).

Pour appuyer ces considérations qualitatives par un indice global numérique de dispersion, nous avons calculé l'écart type, pour chacune des trois proportions moyennes. Les valeurs de cet indicateur de dispersion sont :

- 7,2 % pour les sorties ;

- 4,5 % pour les entrées ;

- 5,6 % pour les traversées.

Afin de rendre ces valeurs comparables entre elles²⁶⁹, nous avons recours à un autre indice, le *coefficient de variation*²⁷⁰, qui est le rapport, généralement exprimé en %, de l'écart-type à la moyenne. Les valeurs de ce deuxième indice de dispersion sont :

12 % pour les sorties²⁷¹ ;

15 % pour les entrées ;

66 % pour les traversées.

Ces trois valeurs confirment ce que nous avons dit plus haut : les disparités entre supposés points-de-réseau sont faibles pour ce qui est des entrées et des sorties ; elles sont fortes pour les traversées : ainsi, les frontières de certains points-de-réseau auraient tendance à "être significativement plus permissives" que celles d'autres points-de-réseau.

Cela étant, même dans le cas des frontières globalement les plus traversées (il s'agit de celles du supposé point-de-réseau 7), *moins de un véhicule sur cinq* arrivant à une frontière "transgresse" cette dernière. Comme en moyenne sur l'ensemble des points-de-réseau, ce ratio de traversées est de *moins d'un véhicule sur douze*, nous pouvons conclure que la traversée des frontières définies *a priori* (les voies de largeur supérieure à 25 m) et confirmées par les densités de flux est bien un phénomène marginal.

La quatrième et dernière condition est donc bien vérifiée.

Pour finir, quelques chiffres... et quelques questions

Avant de conclure cette phase de vérification du modèle du point-de-réseau, il peut être intéressant - après avoir étudié les *répartitions* par "catégories" du trafic aux frontières - de se pencher sur l'*importance* de ce trafic.

Globalement, l'activité circulatoire aux frontières de l'ensemble des points-de-réseau mis en évidence est de **487 véh/mn**²⁷² (dont 300 véh/mn sortants,

269 Il est évident qu'un écart type de 7,2 % par rapport aux 62 % que représentent en moyenne les véhicules sortants n'est pas équivalent à une même valeur d'écart type (7,2 %) par rapport aux 8 % que représentent en moyenne les véhicules traversants.

270 VESSEREAU, A. -*La statistique*, op. cit., p.23.

271 La signification intuitive de cette valeur de 12 % est que pour une moyenne (hypothétique) par point-de-réseau de 100 véhicules sortants par minute, la moyenne de l'écart des nombres de véhicules sortants des différents points-de-réseau par rapport à cette valeur est de 12 véhicules par minute.

145 véh/mn entrants et 42 véh/mn traversants). Comme on peut le voir à la **figure 19**, les disparités sont apparemment énormes (8,5 véh/mn pour le point-de-réseau 3 et 101 véh/mn pour le point-de-réseau 1)... pas si énormes que cela, toutefois, si l'on tient compte du fait qu'il s'agit de zones de tailles très diverses : ne peut-on penser que la quantité de véhicules émise et/ou attirée par une zone est liée (entre autres) à la taille de cette dernière ?

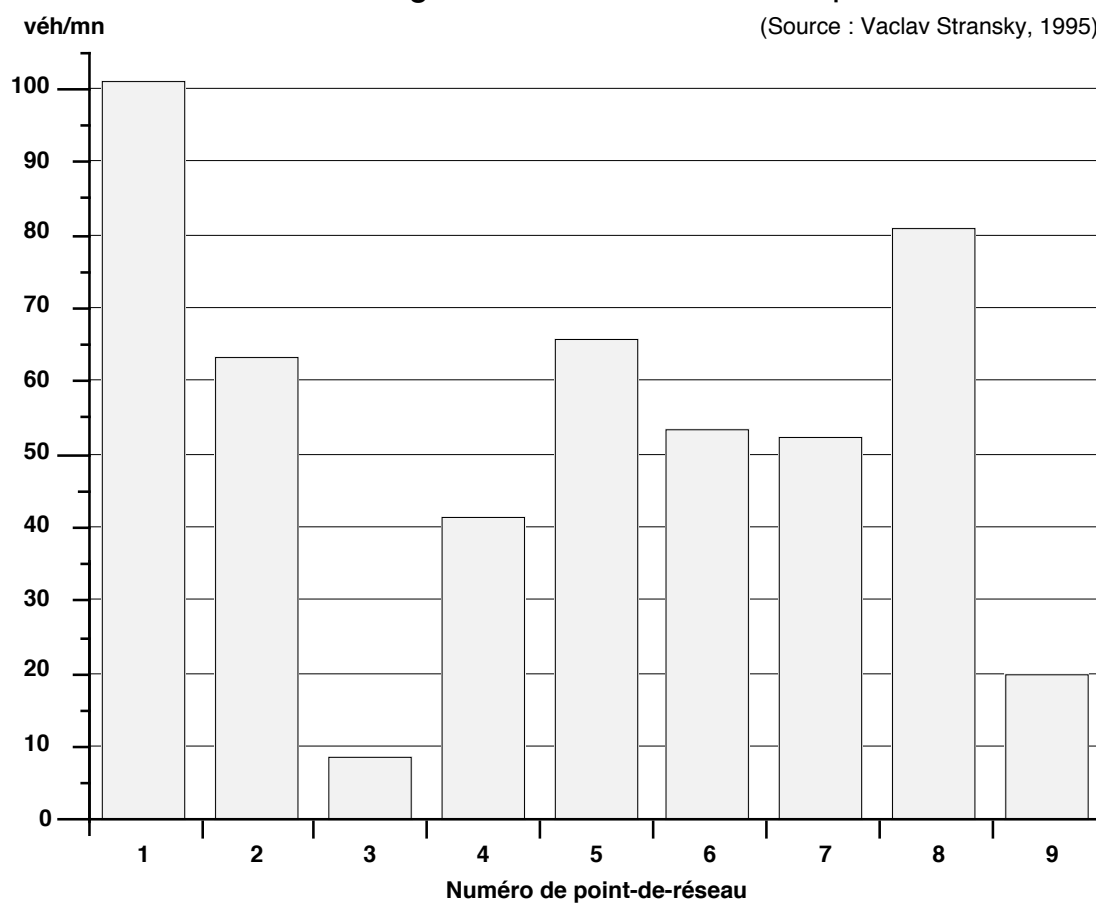
Pour intégrer cet élément, nous avons calculé l'activité aux frontières des points-de-réseau rapportée à la surface de ces derniers (cf. **figure 20**) : les disparités se trouvent nettement atténuées, puisque les flux de véhicules aux frontières (les trois "catégories" de trafic confondues) par hectare de point-de-réseau ne varient plus que dans un rapport de un à quatre.

Évidemment, ce "flux surfacique" (nombre de véhicules émis/reçus en une minute par hectare) n'est qu'un indice caractérisant la circulation aux frontières : d'autres - peut-être plus pertinents - pourraient sans doute être trouvés, intégrant les différences formelles entre points-de-réseau (opposition forme allongée/forme trapue, pouvant par exemple être traduite par le rapport entre la circonférence et la surface du point-de-réseau) ; c'est un point que nous n'avons cependant pas approfondi, car sortant du cadre *stricto sensu* de notre travail... mais qui mériterait sans doute de l'être dans un autre cadre. Par exemple, en supposant que les conditions de densité et de répartition d'activités sur le terrain d'étude sont identiques, les disparités au niveau des émissions/attractions par hectare sont-elles effectivement liées à la forme générale du point-de-réseau ? En particulier, est-ce une explication des fortes valeurs de cet indice pour les points-de-réseau 5, 6 et 7, à la forme allongée (cf. **figure 21**, où est résumé l'ensemble de l'étude sur l'activité circulatoire aux frontières des points-de-réseau) ? Et si c'est le cas, comment expliquer la forte valeur de cet indice pour le point-de-réseau 8, qui est de forme plutôt trapue ?

272 Cette quantité est à rapprocher de la valeur des débits cumulés de l'ensemble des supposés tronçons d'échelle 0 (cf. paragraphe 5.4.1.) : **432 véh/mn**. Il est assez rassurant de constater que les deux valeurs sont proches : en principe, l'activité circulatoire aux frontières des points-de-réseau n'est jamais que l'activité interne aux points-de-réseau avec un décalage temporel. La faiblesse de l'écart entre les deux valeurs suggère une certaine constance dans le débit de véhicules émis/attirés par les points-de-réseau. Cet écart est d'ailleurs sans doute moins important encore, dans la mesure où parmi les 164 tronçons d'échelle 0 contenus dans les neuf points-de-réseau, 14 sont illisibles (pour diverses raisons) : les débits (inconnus) de ces 14 tronçons seraient donc à ajouter aux 432 véh/mn.

FIGURE 19**Activité circulaire globale aux frontières des points-de-réseau**

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

**FIGURE 20****Activité circulaire aux frontières par hectare de point-de-réseau**

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

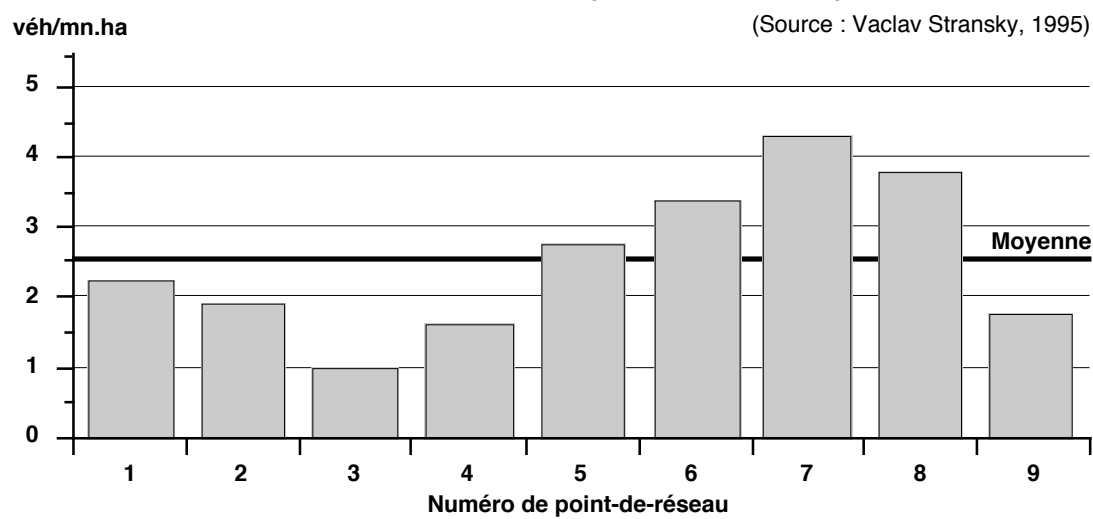
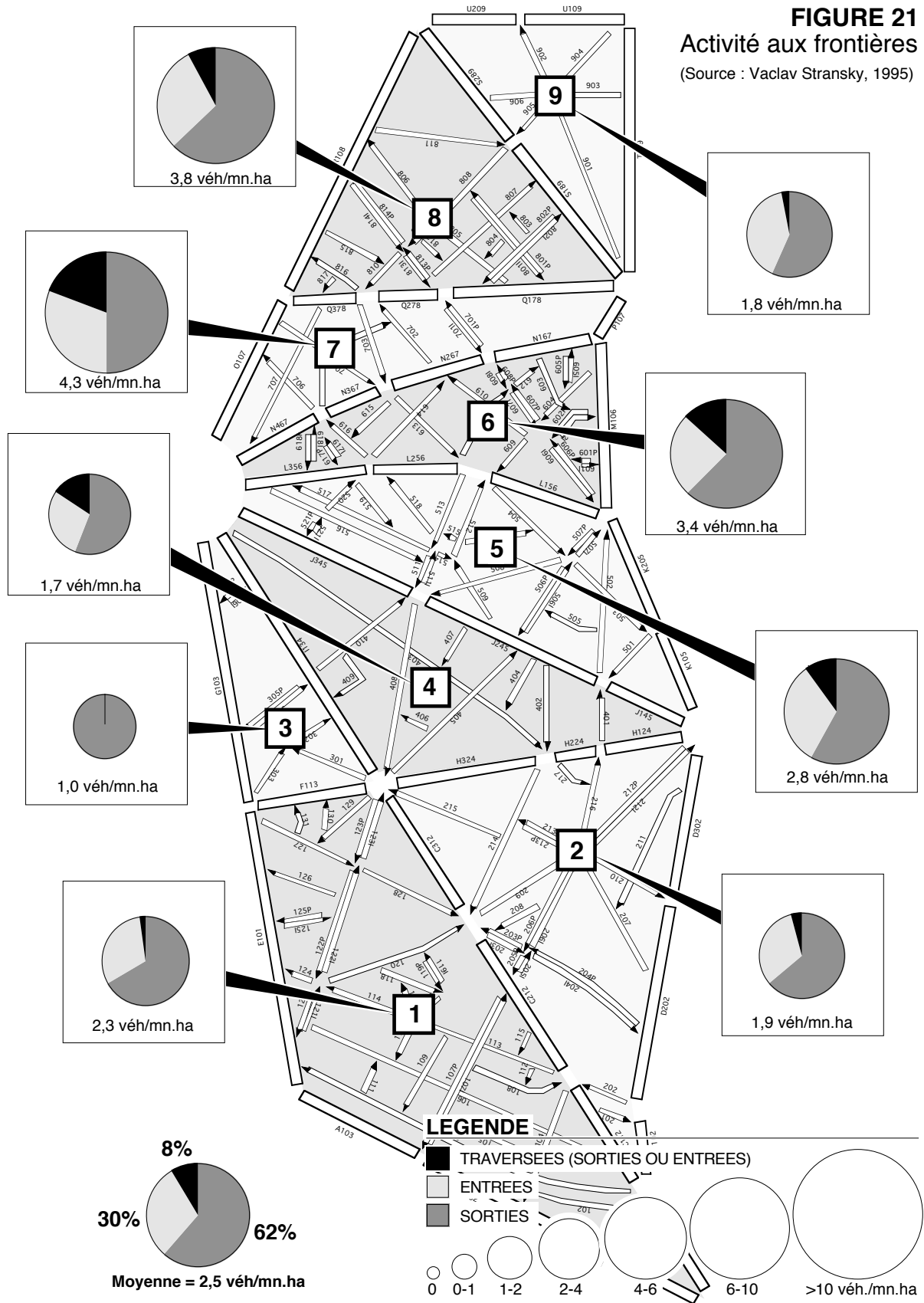


FIGURE 21
Activité aux frontières
 (Source : Vaclav Stransky, 1995)



D'autres facteurs (en dehors de la densité de population et d'activités à l'intérieur de chaque point-de-réseau), comme par exemple la position et la distance du point-de-réseau par rapport à certains pôles (ou certains axes) de la ville prise dans son ensemble (il faudrait alors changer d'échelle d'analyse), jouent-ils un rôle dans ces disparités ? La forme générale de l'histogramme de la **figure 20** (qui rappelle une sinusoïde) est-elle le fruit du hasard, ou y-a-t-il une explication à proposer ?...

Autant de questions, parmi d'autres, que ces quelques observations sur les frontières peuvent susciter, et qui constituent autant de pistes de recherche dans l'étude des déplacements automobiles urbains.

Conclusion : un choix de terrain d'étude pertinent

Le terrain d'étude choisi comporte des mailles délimitées par des voies à niveau de trafic significativement plus élevé que celui observé sur les tronçons irriguant l'intérieur des mailles, où les concentrations par voie sont généralement faibles. En outre, ces mailles sont de dimensions suffisamment réduites pour ne pas justifier un usage important de l'automobile pour les déplacements internes (dimensions pouvant être considérées comme adaptées à la marche à pied). Enfin, le phénomène de traversée des frontières de ces mailles peut être tenu pour marginal.

Nous en déduisons qu'en première approximation, le modèle du point-de-réseau adapté à la voirie urbaine peut être considéré comme pertinent, de même, par voie de conséquence, que l'idée d'effectuer une analyse morpho-fonctionnelle des tronçons d'échelle 0 (irriguant les point-de-réseau), catégorie de voies urbaines à part, assurant la transition entre le territoire desservi et le réseau de voies d'échelles supérieures (frontières des points-de-réseau), adaptées à la circulation automobile.

CHAPITRE 6.- L'ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE

Introduction

L'échantillon d'individus - les tronçons d'échelle 0, éléments unitaires d'analyse pertinents - décrits chacun par une série de variables quantitatives et qualitatives, est donc constitué. La question qui se pose maintenant est de savoir comment analyser cette masse d'informations.

L'objectif de cette recherche est d'essayer de mesurer l'influence d'un ensemble de caractéristiques relatives à la morphologie d'un tronçon sur la fonction circulation automobile de ce dernier, traduite en termes de comportement moyen des automobilistes qui l'empruntent. Il s'agit donc de mettre en évidence des "liens" entre des comportements moyens mesurés par des vitesses moyennes, et un nombre relativement important de variables (plusieurs dizaines) prises *simultanément*. Ce dernier point est essentiel : nous soutenons en effet que la "morphologie" est un concept difficilement dissociable ; en d'autres termes, le travail de décomposition que nous avons effectué n'est qu'une *étape* nécessaire pour traduire ce concept complexe sous une forme analysable quantitativement ; il n'en demeure pas moins que toutes ces composantes se combinent entre elles pour former un tout, et qu'il serait peu pertinent de considérer chaque variable morphologique isolément. De ce fait, le recours aux statistiques classiques serait inapproprié.

Nous nous tournons donc vers des méthodes d'analyse désignées sous le terme générique d'*analyse multidimensionnelle de données* ; comme leur nom l'indique, elles permettent de traiter globalement des individus caractérisés par de nombreuses dimensions - exactement ce dont nous avons besoin. Evidemment, l'emploi de telles méthodes ne s'improvise pas. Dans mon cas, n'étant pas statisticien, un apprentissage méthodologique a dû être opéré : le recours à un stage de formation accélérée²⁷³ et orienté délibérément vers les

273 Stage de formation (du CNRS Paris A) en analyse exploratoire des données, d'une durée totale de 7 jours, assuré par Jean-Pierre FENELON.

Un complément de formation opérationnelle et une assistance scientifique et technique inestimable m'ont en outre été prodigués par Frédéric MOATTY du Centre d'Étude de l'Emploi ; je lui adresse mes plus vifs remerciements.

aspects opérationnels de ces méthodes (bien que leurs fondements théoriques aient également été abordés²⁷⁴) s'est avéré nécessaire... en plus d'une "auto-formation" plus traditionnelle fondée sur la lecture d'ouvrages idoines²⁷⁵.

L'objet de ce chapitre est de donner un aperçu de ces méthodes. Il débute par quelques généralités sur l'analyse multidimensionnelle, notamment ses origines et ses principes de base, présentés de manière intuitive. Ensuite, quelques uns des fondements de la méthode choisie - l'Analyse des Correspondances Multiples - sont évoqués. Le chapitre se termine par la présentation de la manière dont les données nécessaires à cette étude ont été codées pour les rendre compatibles avec les exigences de la méthode retenue.

6.1. - L'analyse multidimensionnelle des données

Les méthodes de statistique descriptive multidimensionnelle peuvent être regroupées en deux grandes familles : les méthodes factorielles et les méthodes de classification.

Les premières, fondées sur des calculs d'ajustement faisant appel à l'*algèbre linéaire*, fournissent des représentations graphiques où les individus statistiques sont des points planaires, projections de points appartenant à des espaces à n dimensions (n pouvant être élevé).

Les secondes, fondées sur des calculs *algorithmiques*, permettent de regrouper des individus statistiques par classes ou familles de classes.

De fait, ces deux familles de méthode doivent être considérées comme complémentaires : avant d'essayer de constituer des classes, il est souvent profitable - sinon indispensable - de positionner les individus statistiques les uns par rapport aux autres grâce aux méthodes factorielles.

274 Les deux ouvrages fournis au cours de ce stage constituent une introduction - abordable pour le néophyte - des fondements théoriques de ces méthodes ; il s'agit de : FENELON, J.-P. -*Qu'est-ce que l'Analyse des Données ?*, Lefonen, Paris, 1981, et GRELET-PUTERFLAM, V. -*Lecture commentée de sorties de programmes en Analyse des Données*, Bulletin A.D.D.A.D. n° 11 ; rédigé à partir des programmes de M. JAMBU et M.O. LEBEAUX.

275 L'ensemble de ce chapitre est inspiré (outre les deux ouvrages déjà cités) de : CIBOIS, P. -*L'Analyse factorielle*, P.U.F., Que sais-je ? n° 2095, Paris, 1983. JAMBU, M. -*Exploration informatique et statistique des données*, Dunod, Paris, 1989. LEBART L. ; MORINEAU, A. ; FENELON, J.-P. -*Traitement des données statistiques, méthodes et programmes*, Dunod, Paris, 1982.

Compte tenu du caractère exploratoire de notre travail, c'est à ces dernières que nous nous intéressons.

6.1.1.- Analyses factorielles : différentes méthodes...

L'objet des méthodes factorielles est de donner des représentations synthétiques de grands ensembles de données. Leurs principes fondamentaux sont anciens, mais ce n'est que le développement de l'outil informatique qui leur a permis de se diversifier.

L'*analyse en facteurs communs et spécifiques* (qu'on appelle aussi *analyse factorielle classique*) doit être considérée comme "l'ancêtre" de ces méthodes. Elle a été mise au point au tout début du siècle (C. Spearman, en 1904 ; la méthode a été perfectionnée par L.L. Thurstone en 1947) pour être utilisée surtout dans le domaine de la psychologie ; ses applications les plus connues sont sans doute les travaux visant à remplacer un *grand* nombre de notes obtenues à des tests psychologiques par un *petit* nombre de facteurs (variables "composites" cachées), comme "la mémoire" ou "l'esprit logique".

Les antécédents de l'*analyse en composantes principales* remontent eux aussi au début du siècle (K. Pearson, 1901 ; H. Hotelling, 1933) ; cette méthode est utilisée pour analyser un ensemble de n observations sur p variables numériques *continues* (ou, ce qui revient au même, n individus statistiques caractérisés chacun par p variables continues).

L'*analyse des correspondances*, si elle repose elle aussi sur des principes relativement anciens (H.D. Hirschfeld, 1935 ; R.A. Fischer, 1940), n'a vu le jour qu'à une date relativement récente, en 1962, au laboratoire de Rennes de **Jean-Paul BENZECRI**. Conçue à l'origine pour décrire des tableaux de contingence, elle s'applique également à l'étude de certains types de tableaux de nombres positifs, comme les tableaux d'incidence (codage binaire de présence/absence) ou les tableaux de données codées sous une forme disjonctive complète (nous y reviendrons). Du fait de certaines propriétés de cette méthode, notamment la symétrie au niveau du rôle des deux dimensions du tableau étudié (lignes et colonnes), son aptitude à détecter des structures et la relative simplicité d'interprétation des résultats en font une méthode très générale, utilisable dans de nombreux domaines.

Parmi les autres méthodes faisant partie de la famille des analyses factorielles, contentons-nous d'en citer trois - l'*analyse des covariances partielles*, l'*analyse des rangs* (variante de l'analyse en composantes principales) et l'*analyse canonique de Hotelling* - toutes trois pouvant être considérées comme dérivées des précédentes.

S'il existe donc un certain nombre de méthodes, elles n'en ont pas moins une base commune dont nous donnons maintenant un bref aperçu intuitif.

6.1.2.- ...mais quelques principes généraux identiques.

Axe factoriel ou facteur

Supposons que nous ayons à analyser un échantillon de n individus statistiques caractérisés chacun par p variables, ces p variables - prises globalement - étant supposées décrire une réalité complexe (ou plus exactement multidimensionnelle, de dimension p) : la morphologie. L'ensemble de ces données peut être représenté comme un tableau possédant n lignes (une ligne par tronçon) et p colonnes (une colonne par variable), une case donnée du tableau - croisement entre une ligne et une colonne - contenant la valeur de la variable correspondant à cette colonne décrivant l'individu correspondant à cette ligne.

Une autre manière de figurer cet ensemble d'individus consiste à désigner chacun de ces derniers par un point dans un espace à p dimensions, chaque dimension, matérialisée par un axe, correspondant à une variable. Dans ce repère, les coordonnées de chaque point sont évidemment les valeurs prises par les variables pour ce point. L'ensemble des points forme un nuage en p dimensions. Se représenter un tel espace de dimension p dépasse nos capacités dès que la valeur de p est supérieure à 3, d'où l'intérêt des méthodes factorielles, dont l'idée fondamentale est de réduire ce nombre de dimensions pour arriver à quelque chose d'appréhensible par le cerveau humain. Plus exactement, elles consistent, dans un premier temps, à *remplacer* le système d'axes initial (celui formé par les variables) par un *autre* système d'axes, mieux adapté à la forme générale du nuage de points (forme en $p^{\text{ième}}$ dimension, s'entend), et permettant donc de réaliser de "bonnes" coupes ("bonne" au sens "représentant au mieux le

nuage de points dans un espace de dimension inférieure à p ") à travers le nuage de points, donc de l'étudier "sous tous ses angles" par une série de représentations partielles. Chacune de ces coupes (en général, un axe ou un plan²⁷⁶, passant par le "centre de gravité" G des n points, et sur lequel on projette le nuage de points) donne évidemment une image *fausse* du nuage réel : ce n'est jamais qu'une projection. Cependant, les méthodes factorielles "choisissent"²⁷⁷ les axes (et plans) de projection de telle sorte que cette représentation soit *la moins fausse possible*. C'est l'examen de toutes ces coupes partielles et plus ou moins déformées par la projection qui permettra à l'utilisateur de se faire *une idée* de la forme du nuage intégral en p dimensions, donc de la structure multidimensionnelle de la réalité observée.

Les nouveaux axes permettant ces "bonnes" projections sont appelés **axes factoriels** ou **facteurs** : un facteur est donc *une* combinaison des variables initiales. Le facteur donnant la meilleure représentation possible du nuage en une dimension (i.e. celui qui approxime au mieux la "direction générale" du nuage) est appelé *premier facteur* ; le facteur orthogonal au premier et donnant la meilleure représentation possible du nuage "en seconde approximation" est appelé *deuxième facteur*, et ainsi de suite, chacun des facteurs étant orthogonal aux autres²⁷⁸. Par construction, le $i^{\text{ème}}$ facteur n'apporte que des "corrections" par rapport au $(i-1)^{\text{ème}}$ facteur : le premier facteur est par définition celui qui donne, à propos du nuage, toute "l'information"²⁷⁹ pouvant être traduite en une seule dimension ; le second facteur viendra corriger, toujours du mieux que cela est possible en une dimension, les nécessaires erreurs ("erreurs de premier ordre", si l'on peut dire) commises lors de cette première approximation : dans "l'information" véhiculée par les deux premiers facteurs, on n'aura donc plus que des "erreurs de second ordre" ; et ainsi de suite (Cf. **figure 22** , où $p = 3$, pour des questions évidentes de représentation). Ajoutons qu'un plan défini par

276 Le nombre de dimensions de ces coupes (1 ou 2) est tributaire de la nature des supports des sorties - écran d'ordinateur ou impression sur papier. Avec un support adéquat - représentation holographique, par exemple - on pourrait évidemment imaginer des coupes non plus par des plans ou des axes, mais par des volumes.

277 selon des critères variables suivant la méthode ; le véritable "choix" se situe évidemment au niveau de ces critères, définis par le mathématicien.

278 à partir de la quatrième dimension, il est évidemment difficile de se représenter graphiquement la signification intuitive de l'orthogonalité.

279 nous n'employons ce terme que pour rendre notre propos, dans cette première approche intuitive, aussi clair que possible ; nous verrons plus loin qu'en toute rigueur - dans le cas spécifique de l'analyse des correspondances - il faut parler de *variance*, et non pas d'information.

deux facteurs est appelé **plan factoriel** ; le *premier plan factoriel* est le plan défini par les deux premiers facteurs.

Prenons un exemple simple : supposons que l'on s'intéresse à un ensemble de personnes décrites chacune par deux caractéristiques seulement, leur taille et leur poids (cas où $p = 2$). Il est évident qu'il y a un lien entre ces deux caractéristiques : la représentation graphique dans le système d'axes constitué par les deux variables retenues sera donc un nuage de points de forme allongée (le poids étant *grosso modo* une fonction croissante de la taille). Si l'on choisit un premier facteur passant par le centre de gravité de tous les points et orienté selon la plus grande longueur du nuage, les projections orthogonales des points sur cet axe (combinant les *deux* variables) donneront une première approximation de "l'information" contenue dans le nuage, à savoir une opposition générale entre personnes lourdes *et* de grande taille d'un côté de l'axe, les personnes légères *et* de petites taille de l'autre. Si ce résultat - approximatif - nous suffit, on aura réduit le nombre de dimensions du nuage (d'une représentation planaire on passe à une représentation axiale) ; sinon, on construit un second axe factoriel, perpendiculaire au premier et passant par le centre de gravité du nuage, qui viendra corriger ce qu'avait d'excessif l'opposition du premier facteur (qui ne prenait pas en compte les exceptions - les grands très maigres et les petits très gros, qui se retrouvent, en projection axiale, "mal classés" par rapport aux autres points). Le raisonnement est exactement le même pour un nombre de dimensions plus élevé, la méthode devenant réellement intéressante (pour ne pas dire indispensable) pour $p > 3$.

Construction des facteurs : généralités

Evidemment, la question qui se pose est celle de la manière dont sont construits ces fameux axes factoriels. En général, le critère retenu est celui de la minimisation de la "distance"²⁸⁰ : on retient, comme premier axe, la droite (dans l'espace en p dimensions) telle que la "distance" cumulée de l'ensemble des points à cette droite (Cf. **figure 23**) soit aussi faible que possible (ou, ce qui revient au même, telle que "l'étalement" - plus exactement, la dispersion - de la projection du nuage sur cette droite soit aussi grand que possible)²⁸¹.

280 L'une des principales différences entre les diverses méthodes factorielles réside justement dans le choix de la définition de cette distance : la métrique proprement dite ainsi que la nature des "entités" entre lesquelles on mesure cette distance.

281 En fait, c'est une sorte de régression linéaire.

FIGURE 22
Nuage de points tridimensionnel (VAR1, VAR2, VAR3) et facteurs

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

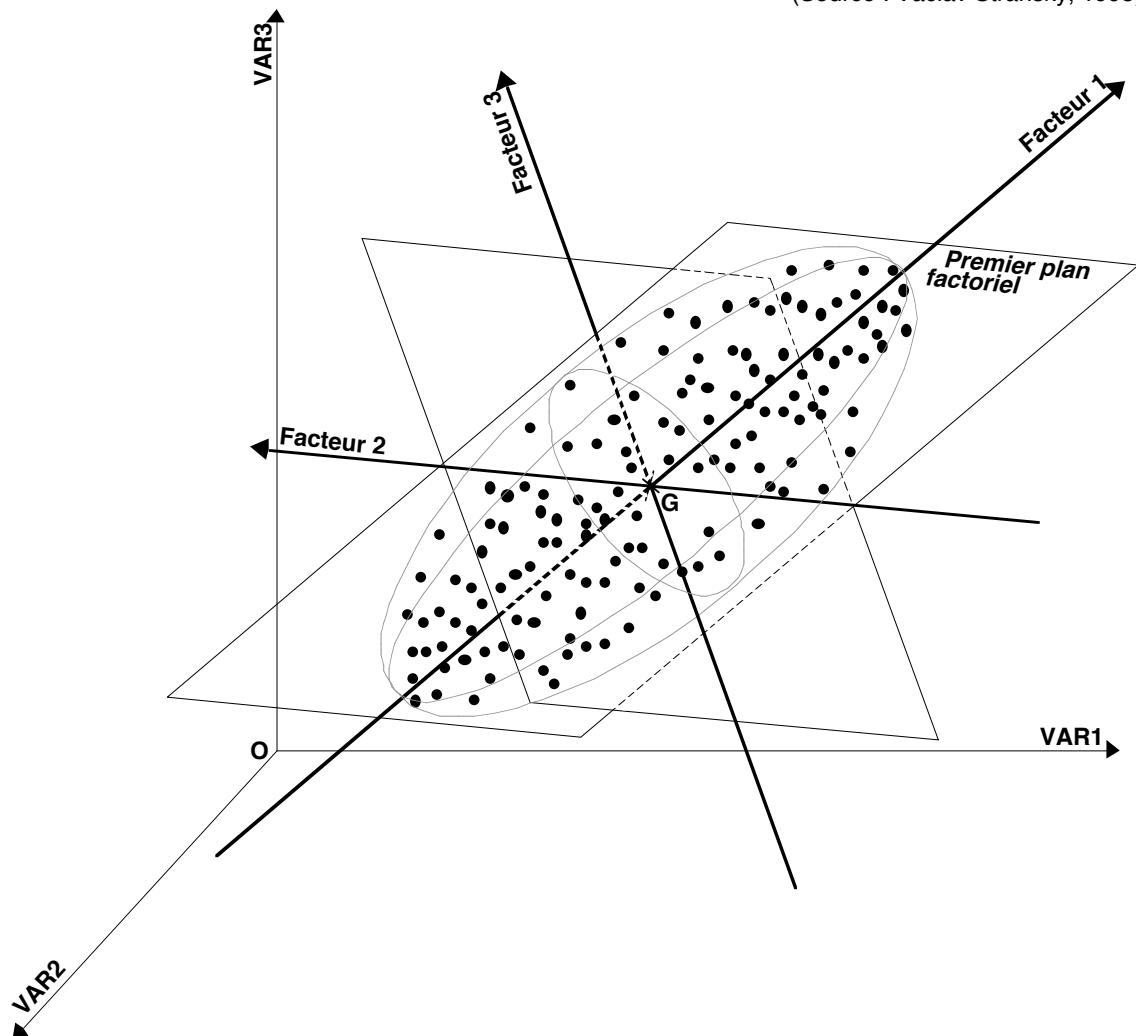


FIGURE 23
Distances de points à un facteur

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

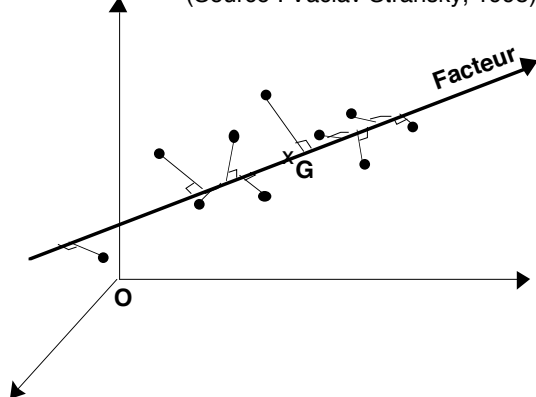
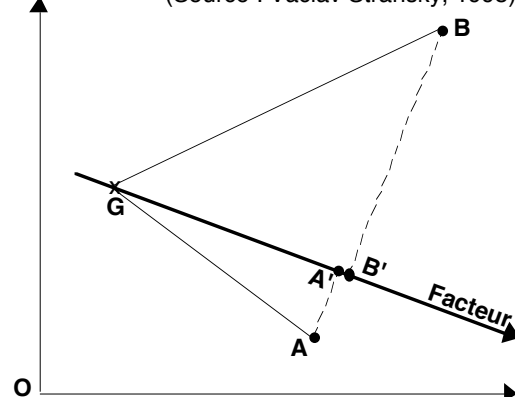


FIGURE 24
Fausse proximité entre A et B

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



Notons au passage que c'est ce qui explique pourquoi les facteurs passent par le centre de gravité du nuage de points (intuitivement, cela paraît logique ; évidemment, cela se démontre).

Le second axe est ensuite choisi selon le même principe : c'est la droite passant par le centre de gravité du nuage, orthogonale au premier axe, et telle que la "distance" cumulée des projections des points dans l'espace de dimension $p - 1$ (nuage initial "privé" de la dimension représentée par le premier axe) à cette droite soit aussi faible que possible ; par exemple, pour $p = 3$, on s'intéresse, lors de la détermination du second facteur, à la distance entre ce dernier et l'ensemble des projections des points sur le plan ($p - 1 = 2$) perpendiculaire au premier facteur (Cf. **figure 22**). Il est clair que plus la "dispersion"²⁸² des projections des points sur ce plan est petite, plus le nuage a une forme allongée suivant le premier axe factoriel, et moins on a besoin d'avoir recours aux autres axes pour étudier le nuage multidimensionnel²⁸³. Le raisonnement est le même pour chacun des facteurs suivants.

Le facteur : réalité ou simple artifice ?

Un facteur est donc une combinaison des variables initiales ; celles-ci étant nombreuses, on cherche à les remplacer par un nombre plus réduit de telles combinaisons.

La question qui peut se poser est relative au "statut" de ces facteurs : s'agit-il de nouvelles variables, plus agrégées, possédant une existence propre²⁸⁴ ? Ou

282 Dans la méthode d'analyse des correspondances, cette dispersion sera caractérisée par l'inertie (ou variance) des points.

283 A la limite, si tous les points sont alignés sur le premier facteur, la projection du "nuage" sur le plan perpendiculaire à ce dernier est un point, la "dispersion" de cette projection est nulle, ce qui signifie - très logiquement - que le premier facteur véhicule à lui tout seul toute "l'information" contenue dans le nuage (les projections des points sur le premier facteur étant confondues avec ces derniers).

284 Pour Jean-Paul Benzecri par exemple (créateur de la méthode factorielle de l'analyse des correspondances), le fait de procéder à ce type d'analyse est lié à l'espoir de trouver des axes factoriels traduisant un "équilibre existant réellement dans la nature", donc à "découvrir les propriétés cachées qui, situées plus haut dans la hiérarchie naturelle des causes que celles qui tombent sous le sens, régissent celles-ci" (BENZECRI, J.-P. et collaborateurs -*L'analyse des données*, Dunod, Paris, 1973, tome 2, p. 48).

au contraire, la construction des facteurs n'est-elle qu'un moyen de condenser l'information pour l'interpréter plus facilement²⁸⁵ ?

Le débat est loin d'être clos... et d'ailleurs, notre propos n'est pas de prendre parti pour l'une ou l'autre de ces visions - la vision "réaliste" ou la vision "descriptive" - des facteurs. Peut-être, comme le fait Philippe Cibois²⁸⁶, pouvons nous poser "*l'hypothèse que cette oscillation entre ces deux pôles constitue la démarche scientifique elle-même*" ? Que "*du statut descriptif, le facteur peut passer à un statut d'existence [...] sans qu'il y ait une rupture entre les deux manières de faire*" ? Que la démarche scientifique étant faite d'allers-retours entre théorisation et expérimentation (ou observation), "*l'utilisation de l'analyse factorielle permet au chercheur de vivre cette démarche*" et que finalement, en examinant les différentes "coupes" par des axes ou des plans factoriels, "*c'est dans l'acte même de voir des régularités qu'on peut dire aussi bien [que le chercheur] les crée ou qu'il les découvre*" ?...

L'analyse factorielle en une phrase

Si, à l'issue de cette approche première de l'analyse factorielle - approche intuitive et simplificatrice au point où par souci de clarté, nous nous sommes permis quelques abus de langage (en parlant "d'information" par exemple) - nous devons résumer ces méthodes en une phrase, nous dirions qu'elles consistent à opérer un changement de repère de l'espace multidimensionnel où sont représentés les points-individus statistiques, le nouveau repère étant obtenu à partir du repère initial (constitué par les axes des variables) par une **translation** (déplacement de l'origine du repère au centre de gravité du nuage) et une **rotation** (faire correspondre le premier axe factoriel à la plus grande longueur du nuage) : les axes de ce nouveau repère (les facteurs)²⁸⁷ - combinaisons des variables initiales - sont donc déterminés par les positions (et éventuellement les "poids") des points eux-mêmes.

285 Outil d'observation comme un autre : de même que l'on a recours au microscope pour visualiser des phénomènes ou objets... microscopiques, de même on a recours aux analyses factorielles pour visualiser, "par parties" et dans des espaces à nombre de dimensions réduit, des phénomènes ou objets possédant plus de trois dimensions, donc inimaginables pour le cerveau humain.

286 CIBOIS, P. - *L'Analyse factorielle*, op.cit., pp. 125-126.

287 sur lesquels s'effectue en outre, dans certaines méthodes factorielles, un changement d'échelle.

Fondamentalement, les principes généraux des différentes méthodes factorielles sont proche ; mais la similitude s'arrête là : à un degré de généralisation moindre, les bases mathématiques diffèrent significativement.

Notre objet n'est pas de dresser ici un bilan critique de ces différences : cette thèse n'est pas une thèse en statistiques. Notre objectif n'est que de trouver *la* méthode la mieux adaptée à nos données - des tronçons caractérisés par un grand nombre de variables de *différentes natures*.

La méthode indiquée est donc l'**analyse des correspondances** : outre ses qualités évoquées plus haut (notamment le caractère général de son utilisation et la relative simplicité d'interprétation des résultats), elle permet de prendre en compte en même temps des variables aussi bien *quantitatives* que *qualitatives*.

C'est cette méthode que nous nous proposons d'étudier un peu plus en détail au paragraphe suivant.

6.2. - L'analyse des correspondances multiples

6.2.1.- Généralités

L'analyse des correspondances a été conçue à l'origine pour mettre en *correspondance* deux ensembles de nombres positifs : le cas d'application typique est l'étude d'un tableau de contingence résultant du croisement entre *deux* variables qualitatives (c'est pour cette raison que cette méthode est connue aussi sous le nom d'analyse des correspondances *binaires*), et dont chaque case contient l'*effectif d'individus statistiques* possédant à la fois la modalité correspondant à la ligne, et celle correspondant à la colonne. La méthode repose sur une idée géniale dans sa simplicité : on raisonne non plus en termes de *valeurs* de variables (un nombre n'a aucune signification en soi, ce qui rend parfois délicate l'interprétation des résultats), mais en **fréquences** (ou si l'on veut, en **probabilités**) de présence d'un individu statistique au croisement d'une ligne et d'une colonne, fréquence obtenue en divisant l'effectif de cette case (du tableau de contingence) par l'effectif total du tableau. A la fin des années

soixante, cette méthode a été appliquée pour la première fois à des tableaux mettant en jeu un grand nombre de variables (et non plus deux), variables ayant pour cela nécessité un codage spécifique : on n'analyse plus à proprement parler des tableaux de contingence, mais des tableaux à valeurs logiques, remplis exclusivement de 0 et de 1. L'analyse de tels tableaux, croisant de nombreuses variables entre elles, porte le nom d'**analyse des correspondances multiples**. Pour éviter toute confusion, signalons qu'il ne s'agit pas de deux méthodes différentes : de fait, la seconde n'est qu'une généralisation de la première de 2 à n variables. Comme le remarque Michel Jambu, l'analyse des correspondances multiples est "*l'application la plus féconde de l'analyse des correspondances, car elle s'applique à des modèles de données dont le format est universel, très largement répandu dans tous les domaines d'application : celui des questionnaires d'enquêtes, des fichiers statistiques nominatifs, des tables des bases de données relationnelles. Ce modèle de données est aussi celui des panels, des campagnes de mesures, des sondages d'opinions, des études typologiques ou taxinomiques. Bref, le domaine d'application est immense, encore largement inexploité*"²⁸⁸.

Il serait démesuré et hors de propos de développer ici les principes mathématiques de la méthode ; nous invitons le lecteur intéressé à se reporter à l'ouvrage de Michel Jambu, *Exploration informatique et statistique des données* (op. cit.), notamment aux pages 193 à 268 pour les principes de l'analyse des correspondances binaire, et 269 à 327 pour ceux de l'analyse des correspondances multiples. Ludovic Lebart, Alain Morineau et Jean-Pierre Fénelon présentent cette méthode de façon plus succincte mais néanmoins très claire, dans leur ouvrage *Traitement des données statistiques, méthodes et programmes* (op. cit. pp. 305-328). Pour une présentation vraiment détaillée, le lecteur pourra remonter aux sources - à l'auteur de la méthode lui-même²⁸⁹.

288 JAMBU, M. -*Exploration informatique et statistique des données*, op.cit., p. 269

289 Citons simplement, à titre anecdotique, la publication d'origine (historique !) :
 BENZECRI, J.-P. -*Cours de Linguistique Mathématique*, publication multigraphiée, Faculté des Sciences de Rennes, 1964.
 et quelques références plus récentes :
 BENZECRI, J.-P. et collaborateurs -*L'analyse des données, Tome 1 : La taxinomie* Dunod, Paris, 1980.
 BENZECRI, J.-P. et collaborateurs -*L'analyse des données, Tome 2 : L'analyse des correspondances*, Dunod, Paris, 1980.
 BENZECRI, J.-P. et collaborateurs -*Pratique de l'analyse des données 1, Analyse des correspondances - Exposé élémentaire*, Dunod, Paris, 1980.

En ce qui nous concerne, contentons-nous de développer quelques remarques utiles relatives aux spécificités et à la mise en œuvre de la méthode dans le cas précis de notre étude.

6.2.2.- L'objet d'analyse : le tableau de données

Nos données brutes se présentent (Cf. **annexe 10**) sous la forme d'un tableau constitué par des lignes correspondant aux tronçons (individus statistiques) et des colonnes correspondant aux variables ; ces dernières sont de différentes natures : certaines sont qualitatives, d'autres quantitatives. La méthode requiert un tableau de variables homogène : de ce fait, la première opération, réalisée au moyen d'un découpage en classes (nous y reviendrons), consistera à transformer les variables quantitatives en variables qualitatives. Ces dernières devront en outre être présentées sous une forme adaptée à la méthode employée : la forme **disjonctive complète**. Un tableau de description logique mis sous forme disjonctive complète, ou **tableau disjonctif complet**, est obtenu à partir du tableau d'origine en éclatant chaque variable VAR (qualitative, donc) en autant de variables que VAR possède de classes (ou modalités) : par exemple, la variable FONP (fond de perspective du tronçon ; notons qu'il s'agissait déjà d'une variable qualitative, aucun découpage préalable en classes n'est donc nécessaire) peut prendre trois valeurs - "Fond de perspective en I", "Fond de perspective en T" et "Fond de perspective en Y"; on éclatera donc FONP en FONP1, FONP2 et FONP3 (correspondant respectivement, et dans le même ordre, aux trois modalités), prenant chacune la valeur 0 ou 1 : par exemple, pour un tronçon possédant un fond de perspective en T (seconde modalité), les valeurs des nouvelles variables (correspondant aux anciennes modalités de la variable) seront : FONP1 = 0, FONP2 = 1 et FONP3 = 0 ; la procédure est la même pour une variable quantitative préalablement découpée en classes. Le tableau final obtenu (ne contenant plus que des 0 et des 1) est bien *disjonctif*, car les modalités d'une même variable d'origine s'excluent mutuellement ; il est *complet*, car à tout individu statistique correspond une modalité et une seule de chaque variable.

De par le principe même de la méthode (analyser des *lois de probabilité* de présence au croisement entre modalités de variables), il faudrait - à partir du

tableau de description logique (mis sous forme disjonctive complète, donc) - construire le **tableau de contingences multiples** qui lui est associé, obtenu en croisant l'*ensemble* des variables avec lui-même : le résultat (appelé aussi **tableau de Burt**) est en fait une juxtaposition des tableaux de contingences simples associés aux croisements des variables mises en jeu. Toutefois, on démontre (M. Jambu, pp. 275-282) qu'il y a *équivalence* entre l'analyse de ce tableau de contingences multiples et l'analyse du tableau de description logique dont celui-ci procède : *l'analyse des correspondances peut donc être mise en œuvre directement à partir de ce dernier.*

Ainsi, dans la suite du développement, c'est sur le tableau de description logique (mis sous forme disjonctive complète) que nous raisonnons : tronçons en lignes, variables en colonnes.

6.2.3.- Principe de base : étude de la variance

Le principe de l'analyse des correspondances est d'étudier l'**écart** du tableau de données réel (valeurs réelles des fréquences dans chaque case) avec un tableau hypothétique, le **tableau d'indépendance** (ou d'homogénéité) dont chaque case contiendrait une fréquence égale au produit des valeurs marginales de la ligne et de la colonne définissant cette case (la valeur marginale d'une ligne et d'une colonne étant respectivement la somme des fréquences de l'ensemble des cases de la lignes et la somme des fréquences de l'ensemble des cases de la colonne).

Concrètement, cette hypothèse d'indépendance consiste à supposer que tous les tronçons ont des caractéristiques (morphologiques et fonctionnelles - ces dernières étant traduites par les vitesses) *identiques*, ou, de façon symétrique, que chaque variable (morphologique et fonctionnelle) prend *la même* valeur pour l'ensemble des tronçons. En termes de nuage de points (pour faire pendant à notre paragraphe "général" sur les méthodes d'analyse factorielle), l'hypothèse d'indépendance correspond à une situation où tous les points seraient tous confondus au centre de gravité du nuage de points associé au tableau des données observées réelles.

En analyse des correspondances, l'écart proprement dit entre le tableau réel et le tableau d'indépendance²⁹⁰ est mesuré par l'**inertie** (ou la **variance**) cumulée de l'ensemble des points correspondant au tableau réel, c'est-à-dire la somme des inerties des points constituant le nuage : plus cette inertie est faible, plus les données réelles sont globalement proches de la situation d'indépendance.

L'inertie d'un point est le produit de la **masse** de ce point par sa **distance** - au sens **distance du χ^2** (CHI-2)²⁹¹ - au centre de gravité du nuage : c'est donc une conjonction entre ses coordonnées (dans l'espace de dimension p) et sa masse. Intuitivement, il est assez aisé d'imaginer une analogie physique : plus un point est excentré (par rapport aux autres points) et plus il est lourd, plus il aura tendance à déplacer le centre de gravité du nuage de son côté, contrecarrant l'action de tous les autres points (qui eux-mêmes "tirent" chacun le centre de gravité vers lui, selon le même principe) ; la position du centre de gravité du nuage est le résultat de cet "équilibre de forces", et l'inertie globale du nuage est donc d'autant plus élevée que la dispersion (et la masse des points excentrés) est élevée. Cette représentation "physique" est d'autant plus appropriée que la distance du χ^2 est comparable à la distance euclidienne ; le calcul barycentrique est donc pertinent. En particulier, deux points confondus sont équivalents à un point unique de masse égale à la somme des masses des deux points ; cette propriété porte le nom de *principe d'équivalence distributionnelle*.

On démontre que les lignes et les colonnes du tableau jouent un rôle symétrique : en d'autres termes, l'inertie globale représente aussi bien l'inertie du nuage de points correspondant aux *lignes* du tableau (les tronçons) que celle du nuage de points correspondant aux *colonnes* (les variables²⁹²).

290 ces écarts coïncident évidemment avec des **sur-représentations** ou des **sous-représentations** (par rapport à la situation d'indépendance), en termes d'effectifs (ou plus exactement : de fréquences), dans les différentes cases du tableau de contingences multiples associé au tableau de description logique des données.

291 Pour la définition exacte de la **distance du CHI-2**, nous renvoyons le lecteur à la présentation, plus formelle, de la méthode dans les ouvrages dont nous avons donné les références plus haut (Cf. par exemple : LEBART L. ; MORINEAU, A. ; FENELON, J.-P. - *Traitement des données statistiques, méthodes et programmes*, op. cit., p. 309). La **masse** du point est la valeur marginale (fréquence cumulée) de la ligne correspondant au point.

292 Pour être tout-à-fait rigoureux, on devrait parler non pas de variable, mais de *modalité* de variable : n'oublions pas que chaque variable a été découpée en une série de modalités.

6.2.4.- Construction des axes factoriels

Pour appréhender ce nuage (ou plutôt ces deux nuages) multidimensionnel(s), la méthode factorielle consiste, on l'a vu, à changer de repère de sorte que chacun des nouveaux axes explique au mieux la dispersion des points. La mesure de cette dispersion étant l'inertie (ou variance), le premier axe factoriel sera la droite passant par le centre de gravité du nuage telle que l'inertie globale de la *projection* du nuage sur cette droite soit maximale : ainsi, par construction, le premier facteur est celui qui rend compte du *maximum* de la dispersion que peut rendre une droite. On procède ensuite de façon analogue pour déterminer le second facteur, sauf qu'au lieu de considérer le nuage de points intégral, on s'intéresse à sa projection dans l'espace de dimension (p-1) "orthogonal" au premier facteur : c'est dans cet espace qu'est situé le deuxième axe factoriel - la droite sur laquelle l'inertie de la projection de ces points (situés dans l'espace de dimension p-1, donc) est maximale. Les p facteurs sont ainsi construits de proche en proche, chacun expliquant "au mieux" la part d'inertie encore inexpliquée par l'ensemble des axes factoriels précédents.

Tout ce raisonnement repose sur une propriété fondamentale de la variance (définie à partir de la distance du χ^2), celle de l'*additivité des variances des projections dans un repère orthogonal* : ainsi, la variance globale du nuage est la somme des variances des projections de ce nuage sur les axes factoriels (par construction tous orthogonaux entre eux, au sens de la distance du χ^2), variances que l'on appelle aussi **valeurs propres** des facteurs.

6.2.5.- Lecture des sorties d'une analyse des correspondances

Sur un plan opératoire, il s'agit de déterminer la contribution relative de chaque point (qu'il s'agisse d'une variable ou d'un tronçon, donc) à la variance, en regard avec celles des autres points : par exemple, si, du fait de la répartition des points-tronçons dans l'espace des p axes factoriels, deux points-variables sont "proches" (en particulier, situés "du même côté" de l'origine), il sera possible - à quelques précautions méthodologiques près - d'interpréter cette proximité comme un lien entre les deux variables. Evidemment, l'étude de tels liens ne pourra s'effectuer, du moins dans une première étape, que par parties,

plus exactement non pas sur les points eux-mêmes, mais sur leurs projections sur tel ou tel axe ou plan factoriel.

Sans avoir la prétention de donner la clé de lecture et d'interprétation des sorties d'une analyse des correspondances, voyons succinctement quelques uns des "garde-fous" méthodologiques à respecter.

COR : contribution relative d'un facteur à l'excentricité d'un point

La première erreur à éviter lors de l'étude des nuages de points projetés (sur un axe ou sur un plan factoriel) est la non prise en compte des "**erreurs de perspective**", phénomène que nous illustrons plus haut à la **figure 24** (cas simple à deux dimensions seulement) où les projections A' et B' (sur le facteur) des points A et B sont proches, alors que ces derniers sont éloignés.

Pour éviter ce genre d'erreur d'interprétation, on aura recours à une mesure de l'angle formé par la droite reliant le centre de gravité G du nuage au point étudié et le facteur sur lequel ce dernier est projeté ; cette mesure, appelée *contribution relative du facteur à l'excentricité du point* et notée **COR**, est en fait le cosinus de cet angle élevé au carré : plus sa valeur est grande (proche de 1, ou, exprimée en millièmes, proche de 1000), meilleure est la "qualité de représentation" du point multidimensionnel par sa projection sur le facteur.

CTR : contribution relative d'un point à l'inertie d'un facteur

La seconde précaution à prendre tient au fait que l'inertie d'un point est une conjonction entre sa distance (au sens du χ^2) au centre de gravité du nuage **et** sa masse ; lors de la lecture des sorties d'une analyse des correspondances, se fonder sur la seule représentation graphique (différentes vues du nuage de points projeté sur différents axes ou plans factoriels), même si on a pris soin de s'assurer de la qualité de représentation du point étudié dans chaque projection au moyen de la valeur de COR, équivaut ni plus ni moins à occulter totalement cette masse. Il est donc indispensable, pour chaque point, de compléter la lecture de sa représentation graphique par la valeur de sa *contribution relative à l'inertie de l'axe factoriel* (**CTR**) :

la représentation graphique permet de connaître, dans la projection étudiée, le "sens" de l'écart du point par rapport à la situation d'indépendance ;

la valeur du CTR met en évidence "l'intensité" relative de cet écart.

On doit évidemment se poser la question de la limite à partir de laquelle cette contribution relative du point à la variance totale projetée sur l'axe étudié (i.e. sa propension à écarter le tableau réel de la situation d'indépendance dans cette projection) est "significative" ; bien qu'il n'y ait pas de règle absolue en la matière, on retient souvent les points dont la valeur du CTR sur cet axe est supérieure à une valeur moyenne, obtenue en divisant la contribution *relative* totale (soit 1, ou, exprimée en millièmes, 1000 millièmes) par le nombre de points (points-tronçons ou points-variables, suivant le nuage que l'on étudie).

Proximité fortuite ou signifiante ? Tableau des contingences multiples

Enfin, il faut souligner que la position de chaque point résulte d'un "équilibre de forces" avec *l'ensemble* des autres points ; la proximité de deux d'entre eux (là on ne parle plus en projection, mais dans l'espace de dimension p) peut donc traduire deux choses totalement différentes (pour illustrer notre propos, nous prenons l'exemple de points-variables) :

- cette proximité peut résulter du fait qu'en termes d'effectifs (plus précisément, de probabilités de présence), il y a bien une *sur-représentation significative* dans la case du tableau de contingences multiples (associé au tableau de description logique étudié) correspondant au croisement entre les deux variables dont les points sont une représentation ; dans ce premier cas, on peut conclure à un lien statistique entre les deux variables ;

- mais il peut s'agir aussi d'une proximité purement fortuite, résultant du jeu multiple "d'attractions-répulsions" (n'oublions pas que chaque point est placé par rapport à *l'ensemble* des autres).

Pour distinguer les deux "types" de proximités entre points, la seule possibilité est de procéder à une vérification dans le tableau de contingences multiples.

Interpréter une analyse des correspondances : des allers-retours nombreux

L'ensemble de ces trois éléments fait qu'une lecture "spatiale graphique" seule serait insuffisante (c'est un euphémisme !) ; la connaissance d'un nuage de points multidimensionnel résulte d'un va-et-vient permanent entre différents types de sorties, en particulier :

1- des représentations graphiques des projections des points sur différents axes et/ou plans factoriels (il s'agit d'une série de "coupes" pertinentes à travers le nuage multidimensionnel) ;

2- des tableaux de chiffres, notamment ceux donnant les valeurs des contributions relatives des différents points aux inerties des différents axes de factoriels, notées CTR, et les contributions relatives des différents axes factoriels à l'excentricité de chaque point, notées COR ; les deux grandeurs sont généralement exprimées en millièmes ;

3- des tableaux des tris croisés (en effectifs ou en fréquences), issus du tableau de Burt (ou tableau de contingences multiples associé au tableau de description logique étudié).

6.2.6.- Propriétés liées aux fondements mathématiques de la méthode

Priorité à la structure

En analyse des correspondances, la contribution d'un point à l'inertie totale du nuage (outre le fait de dépendre des coordonnées et de la masse du point) est d'autant plus importante que la fréquence correspondant à ce point (ligne ou colonne) est faible ("prime à la rareté" que la méthode accorde aux effectifs faibles) ; de ce fait, l'analyse des correspondances met en relief la *structure* des écarts à l'indépendance, et non leur *intensité*. Cette propriété ne peut être considérée ni comme un "piège" ni comme un "défaut"... à partir du moment où elle est prise en compte par l'utilisateur lors de la lecture des résultats de l'analyse. De toute façon, il est bon d'éviter, lors du découpage de variables en classes, des modalités trop rares.

Principe barycentrique

Les lignes et les colonnes du tableau jouent un rôle symétrique ; sur un axe factoriel donné, la coordonnée d'un point-tronçon (une ligne du tableau) est au barycentre des coordonnées (affectées de leurs masses respectives, q.v.) de l'ensemble des points-variables sur cet axe, et réciproquement, la coordonnée d'un point-variable est au barycentre des coordonnées (affectées de leurs masses respectives) de l'ensemble des points-tronçons : c'est ce que l'on appelle le

principe barycentrique. En d'autres termes, l'espace des points-tronçons **est** l'espace des points-variables : les deux nuages peuvent donc être représentés **simultanément** sur un même graphique, dans le même système d'axes factoriels ; les inerties respectives des deux nuages projetées sur un facteur donné sont évidemment identiques.

Conséquence opératoire du principe d'équivalence distributionnelle

En vertu du *principe d'équivalence distributionnelle*, deux points confondus sont équivalents à un point unique de masse égale à la somme des masses des deux points ; une application de cette propriété - si l'on étudie par exemple le nuage des points-variables - est qu'il peut être intéressant de regrouper deux points "suffisamment proches"²⁹³ (dans l'espace de dimension p) : c'est le cas lorsque les deux points en question correspondent à deux modalités d'une même variable. A titre illustratif, supposons que l'on ait découpé la fourchette des valeurs prises par une variable continue (par exemple la vitesse de circulation, VCIR) en 8 classes (nouvelles variables) VCIR1, VCIR2,... , VCIR8 ; supposons que dans l'espace des p facteurs, trois de ces variables (modalités de l'ancienne variable VCIR), par exemple VCIR3, VCIR4 et VCIR5, soient très proches ; on peut alors décider que le découpage initial n'est pas pertinent, et qu'en fait l'ensemble de ces trois variables n'en forme qu'une seule, délimitée par la borne inférieure de la classe VCIR3 et la borne supérieure de VCIR5.

Les points supplémentaires

La méthode permet d'adjoindre, indistinctement à l'un ou l'autre des nuages de points (du fait de la symétrie), des *points supplémentaires* (variables ou tronçons) de masse nulle : ces points, qui n'interviennent pas dans la détermination des facteurs, viennent simplement se placer par rapport à ces derniers et donc par rapport aux autres points (qui, eux, ont servi à définir les facteurs). L'emploi judicieux d'éléments supplémentaires, "peu coûteux" en mémoire d'ordinateur, peut se révéler extrêmement enrichissant et stimulant (en particulier pour vérifier certaines hypothèses suggérées par les premiers résultats... et pour en tester d'autres).

²⁹³ La responsabilité de la définition de la "proximité immédiate" incombe évidemment à l'opérateur qui interprète les sorties de l'analyse des correspondances.

6.3. - Formalisation des données : le codage

L'emploi de la méthode retenue, la mieux adaptée aux objectifs de notre étude, nécessite - on l'a vu - le recours à un format particulier de présentation des données ; l'opération de mise en forme de ces dernières est appelée le **codage**.

De prime abord, il peut sembler exagéré de faire un paragraphe sur une simple transformation de données ; toutefois, il faut savoir qu'il s'agit d'une étape susceptible de conditionner dans une large mesure les résultats, à laquelle il convient donc d'apporter un soin tout particulier.

6.3.1.- Le codage - une étape essentielle

Par delà l'aspect purement technique d'adaptation de la présentation des données à la méthode choisie, le codage est une opération consistant à rendre les chiffres plus parlants, à leur donner une signification, donc à rendre le tableau de données aussi **pertinent** que possible. Rendre un tableau pertinent signifie y injecter de l'information, que seul *l'expert* (et non le statisticien) possède.

Ainsi, rendre pertinent un tableau de tensions artérielles, c'est préciser que telle valeur absolue est "normale" pour tel patient (car celui-ci est âgé de 50 ans), mais que la *même* valeur est pathologique pour tel autre (car il s'agit d'un adolescent).

Rendre pertinent un tableau donnant des temps de travail et des temps de sommeil journaliers, c'est dire qu'un écart d'une demi-heure par rapport à la moyenne des temps de travail est insignifiant, alors que le même écart pour les temps de sommeil (correspondant, à la différence du précédent, à un besoin biologique) est très significatif...

Les chiffres bruts ne sont qu'une image numérique de la réalité... et il n'est pas excessif de dire que "*les opérations de codage et de recodage constituent les 9/10^e du travail réel en Analyse des Données, et les 999/1000^e de l'arbitraire des résultats*"²⁹⁴.

294 FENELON, J.-P. -*Qu'est-ce que l'Analyse des Données ?* op. cit., p. 110.

6.3.2.- Codage de l'échantillon sous forme disjonctive complète

Pour analyser notre échantillon, le recours au codage homogène, universel et le plus "neutre" qui soit - le codage **disjonctif complet** - est nécessaire.

Rappelons que celui-ci consiste à éclater chaque variable en modalités, considérée chacune comme une variable binaire.

Si ce codage universel permet de traiter en même temps des variables qualitatives et quantitatives par l'établissement de classes, c'est - comme l'écrit Michel Jambu - une opération délicate. Idéalement, elle est réalisée par le statisticien qui, *"grâce à la facilité de mise en œuvre de l'analyse des correspondances multiples [peut ainsi] procéder à quelques essais pour étudier la stabilité des analyses selon le paramétrage des classes, mettre des classes en éléments supplémentaires, n'analyser qu'une partie des variables"*²⁹⁵. Des va-et-vient entre codage des données et analyse proprement dite sont donc souhaitables, sinon indispensables.

Nous n'avons évidemment pas la prétention d'avoir réussi le meilleur codage qui soit : celui proposé doit être considéré comme une première tentative, que nous avons néanmoins voulue être aussi systématique que possible (malgré une part d'arbitraire dans les choix).

Compte tenu du nombre d'individus-tronçons relativement restreint (150 tronçons), et suivant les conseils d'un professionnel²⁹⁶, nous avons fixé un nombre de classes par variable égal à cinq au grand maximum (moins si possible), en essayant en outre d'équilibrer les effectifs par classes, donc d'éviter, dans la mesure du possible, des modalités possédant un nombre d'individus inférieur à 20.

Conformément à ces obligations de résultat, et après quelques tâtonnements, nous avons adopté les règles empiriques suivantes :

1- Sur les histogrammes des fréquences des variables continues, on commence par rechercher les pics et les creux en nous interrogeant sur la **pertinence** des uns et des autres : par exemple, le fait que les largeurs entre façades ne présentent qu'un nombre de valeurs discret et relativement réduit n'est pas le fruit du hasard, mais le résultat d'une évolution historique (spécifique au lieu),

²⁹⁵ JAMBU, M. -*Exploration informatique et statistique des données*, op. cit., p. 273

²⁹⁶ Frédéric Moatty, du Centre d'Étude de l'Emploi.

plus exactement des réglementations successives, à différentes époques, de ces largeurs.

2- On procède ensuite de façon itérative, par essais successifs : on réalise un découpage en classes si possible centrées autour des pics les plus élevés et délimitées par les creux les plus marqués, afin d'obtenir des classes aussi homogènes que possible, et ce jusqu'à ce que les conditions précédentes (moins de 5 classes, plus de 20 individus par classe) soient vérifiées.

Lorsque plusieurs découpages sont possibles, pour fixer le choix final, on privilégie :

- en premier lieu la pertinence des classes ;
- puis le nombre de classes (en les revoyant toujours à la baisse) ;
- puis la répartition des effectifs (aussi homogène que possible) ;
- enfin, la "qualité" du découpage (en termes de pics et de creux)... lorsque ceux-ci ne confirment pas la pertinence des classes, évidemment (dans le cas contraire, ce critère est équivalent au premier).

Nous donnons en **annexe 13** les histogrammes des variables d'origine avec, en vis-à-vis, les histogrammes des nouvelles variables - modalités des précédentes.

On trouvera en **annexe 14** le tableau définitif (codé sous forme disjonctive complète).

6.3.3.- Conséquence du codage : élimination de certaines variables

L'examen des annexes 13 et 14 montre que par rapport à la liste de variables initiale, certaines ont disparu, d'autres ont changé, d'autres encore ont fait l'objet d'un codage simplifié à l'extrême.

Nous donnons ci-après la liste de ces cas, en précisant les raisons des changements.

La variable DVTD (densité moyenne de trafic venant de droite depuis les rues débouchant dans le tronçon considéré) a disparu, car le nombre de tronçons pour lesquels cette valeur est supérieure à 0 suffit tout juste à constituer **une**

classe unique d'au moins 20 individus (on aurait eu deux modalités, l'une traduisant l'absence, l'autre la présence de ce trafic) ; dans ces conditions, cette variable est inutile, car redondante avec la variable DTGD (nombre de rues orientées droite-gauche débouchant du côté droit du tronçon), cette dernière ne possédant elle aussi que deux modalités (présence/absence de rues orientées droite-gauche débouchant par la droite).

La variable LARO (largeur optique) disparaît, car l'effectif de tronçons pour lesquels la valeur de cette variable est différente de celle de LARF (largeur entre façades) est bien trop réduit pour constituer ne serait-ce qu'une classe (les classes de LARO auraient été les mêmes que celles de LARF, d'où redondance).

Les variables RAYC, SENC, DEBR, et ANGB (Cf. dictionnaire des variables en annexe 2) ne permettent chacune de constituer que 2 classes ("oui/non") : nous avons donc décidé de simplifier cet aspect de la morphologie (les virages, en général locaux, donc se présentant comme des "brisures") en ne prenant en compte qu'une seule nouvelle variable qualitative à deux modalités : BRIS (présence/absence de "brisures" en plan).

Les variables HAFD et HAFG (hauteurs courantes des façades, respectivement côté droit et côté gauche du tronçon), bien qu'étant déjà des variables qualitatives, ont dû être simplifiées. En effet, compte tenu de la faiblesse des effectifs des modalités correspondant aux hauteurs RdC, R+1, R+3 et R+12, nous n'avons formé que deux classes : une classe regroupant les hauteurs allant de RdC à R+3, une classe regroupant toutes les autres hauteurs.

L'**annexe 15** comporte la liste des variables définitivement retenues et recodées.

Ainsi, au terme de cette seconde partie, nous avons toutes les données du problème en mains : un terrain découpé par des axes de rabattement en points-de-réseau irrigués par un réseau viaire d'échelle 0, lui-même décomposé en tronçons, chacun de ces derniers étant caractérisé par une série de variables fonctionnelles et morphologiques, codées sous une forme adaptée à la mise en œuvre d'une analyse des correspondances multiples. Il ne reste donc plus qu'à

soumettre à l'épreuve des faits le modèle d'analyse établi dans la première partie de ce mémoire.

PARTIE 3

-

À la recherche de résultats

Considérez qu'avec de nombreux calculs, on peut remporter la victoire, redoutez leur insuffisance. Combien celui qui n'en fait pas a peu de chances de gagner.

SUN TZU

INTRODUCTION

Tous les outils - aussi bien théoriques que méthodologiques - nécessaires à l'étude sont en place ; il s'agit maintenant de confronter le modèle d'analyse fonctionnelle du point-de-réseau avec la réalité observée, codifiée sous forme de variables morphologiques et fonctionnelles.

Le modèle proposé aboutit à l'hypothèse qu'à l'intérieur d'un point-de-réseau, la fonction (exprimée par la vitesse) d'un élément de voirie urbaine est influencée de façon significative par la morphologie de ce dernier ; la construction du modèle est rappelée sous forme graphique à la **figure 25**. Cette approche graphique, nous la retrouverons tout au long de la troisième partie : dans la mesure où les figures font partie intégrante (et constituent parfois un élément essentiel) du travail d'exploitation des données recueillies, nous avons choisi de les intégrer, pour la plupart, dans le corps du texte plutôt que de les renvoyer en annexe.

De ce fait, la dernière partie n'est pas sans rappeler un commentaire de graphiques ; elle est organisée en trois chapitres.

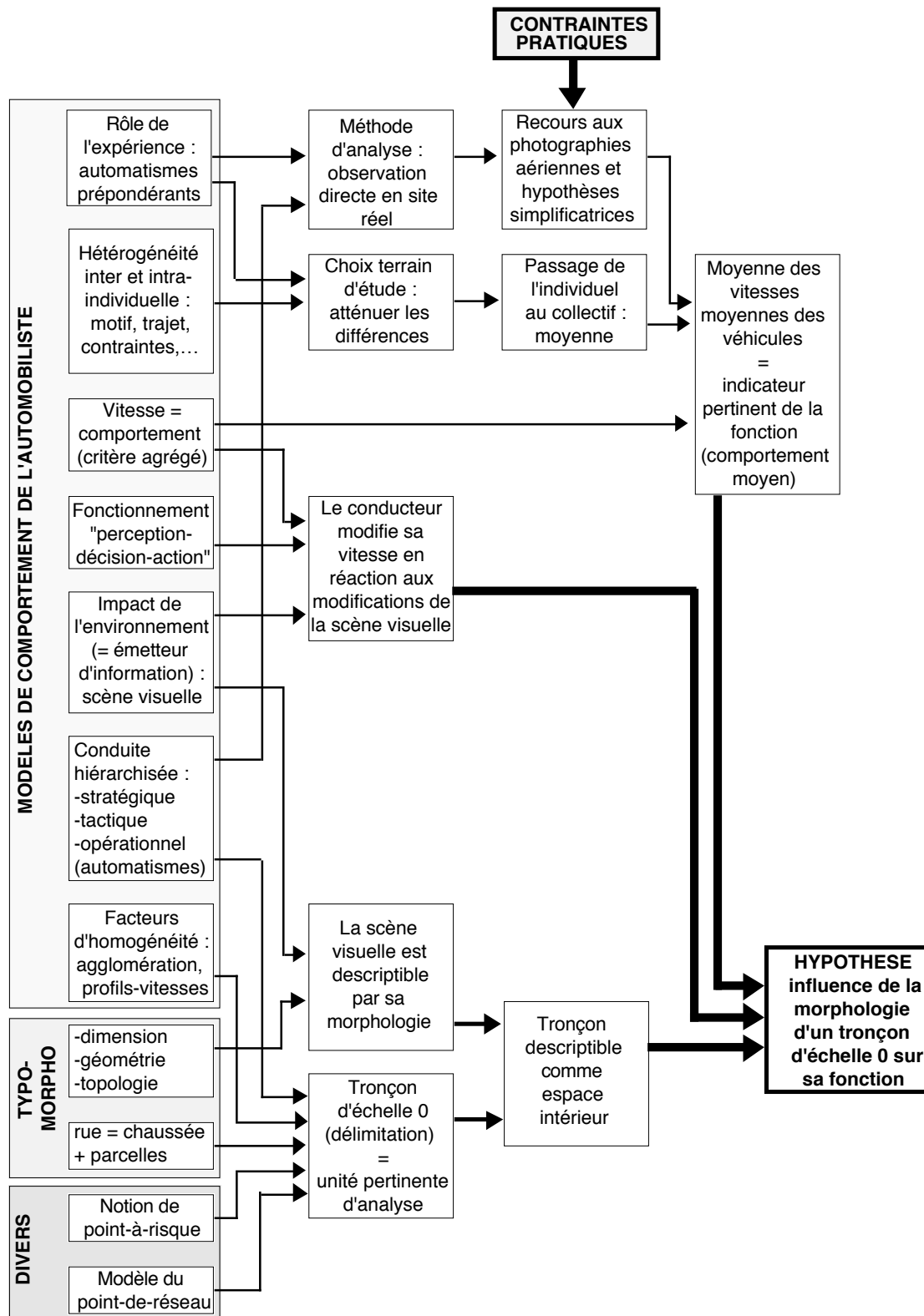
Tout d'abord (chapitre 7), mettant en œuvre la méthode descriptive de l'Analyse des correspondances multiples, nous nous interrogeons sur l'homogénéité - d'un point de vue morphologique multidimensionnel - de cette catégorie de voies d'échelle 0 qui constitue l'infrastructure de desserte interne des points-de-réseau.

Ensuite, la même méthode d'analyse factorielle est utilisée pour dégager les principales variables explicatives de la vitesse (chapitre 8).

Le chapitre 9 est consacré à la vérification - par le recours aux tris croisés - de l'influence de ces variables sur la vitesse ; c'est également au cours de ce dernier chapitre que nous essayons de mesurer qualitativement la part de la morphologie dans cette influence.

FIGURE 25
Modèle d'analyse fonctionnelle du point-de-réseau

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



CHAPITRE 7 - HOMOGENEISER L'ECHANTILLON

Introduction

Le chapitre 5 a permis de mettre en évidence, sur le terrain d'étude, l'existence de deux catégories distinctes de voies : des axes de rabattement maillant la surface étudiée, et des tronçons d'échelle 0 irriguant l'intérieur de chacune de ces mailles. Toutefois, il s'agit là d'une première approximation, d'un résultat global obtenu par un raisonnement portant sur des *ensembles* de tronçons. Qu'en est-il d'éventuelles exceptions - tronçons isolés ne rentrant pas dans le cadre de cette typologie ?

Notre intérêt pour de telles exceptions est loin d'être purement académique : en fait, il s'agit simplement - avant de chercher à répondre à la question centrale de cette thèse - de s'assurer que l'échantillon retenu est bien homogène.

7.1. - Des axes de rabattement parmi les tronçons d'échelle 0 ?

7.1.1.- A l'origine : un doute...

Nos soupçons quant à l'existence *possible* "d'éléments étrangers" (axes de rabattement ?) au sein de l'échantillon des tronçons d'échelle 0 tels que définis au chapitre 5 ont été éveillés par un examen plus détaillé de certaines figures présentées plus haut :

- Tout d'abord, la comparaison des deux histogrammes donnant la répartition des concentrations par voie calculées sur deux sens (CVOI2) fait apparaître, sur l'histogramme des supposés tronçons d'échelle 0, un "pic secondaire" correspondant *grosso modo* au "pic principal" de l'histogramme des axes de rabattement (**figure 26**). Cette concordance ne peut-elle laisser supposer que le premier histogramme résulte de la superposition de deux histogrammes, l'un caractéristique des tronçons d'échelle 0 (demi courbe en cloche dont le maximum est voisin de 0), l'autre spécifique aux axes de rabattement (courbe en cloche dont le maximum serait compris entre 2 et 2,5 véhicules/100 m de voie) ? En d'autres termes, bien que statistiquement (test de Kolmogorov, q.v.) les deux

distributions soient disjointes, l'échantillon des tronçons d'échelle 0 ne comprend-il pas quelques axes de rabattement qu'il conviendrait d'éliminer... et qui, par ailleurs, remettraient en question notre premier découpage en neuf points-de-réseau ?

- Le second indice qui suggérerait une possible hétérogénéité de l'échantillon résulte de l'examen des graphes en camembert correspondant aux carrefours aux limites des points-de-réseau (cf. **annexe 12**) : nous l'avons vu, le phénomène de traversée des frontières est *globalement* marginal (plus ou moins d'ailleurs, suivant le point-de-réseau) ; mais à certains carrefours, il est prédominant.

7.1.2.- Lever le doute : principe de la démarche

Dans l'optique d'une confirmation ou d'une infirmation de l'hypothèse de la présence d'axes de rabattement cachés parmi les tronçons d'échelle 0, et afin de traiter de manière systématique et homogène l'ensemble de ces "exceptions", nous avons procédé de la manière suivante :

Condition 1 : une concentration par voie élevée

Conformément aux observations sur les histogrammes de la figure 26, nous supposons qu'un tronçon ne peut être considéré comme un axe de rabattement *potentiel* que s'il supporte un trafic automobile dont la concentration moyenne par voie (calculée sur deux sens) est de l'ordre de 2 véh/100 m ; c'est cette valeur que nous supposons (arbitrairement) être discriminante (c'est également cette valeur qui constitue la borne inférieure de la modalité CVO5 de la variable CVOI : cf. annexe 13). Nous appelons **condition 1** cette exigence relative à la concentration du trafic.

Condition 2 : rues à double sens

Ensuite, similairement aux axes de rabattement déjà en place (dans le cadre de notre terrain d'étude), il faut de plus que ce tronçon à trafic dense fasse partie d'une rue à double sens de circulation, c'est-à-dire qu'il possède un tronçon "jumeau" de sens opposé. C'est notre **condition 2**.

FIGURE 26
Comparaison histogrammes tronçons d'éch.0 / axes de rabattement

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

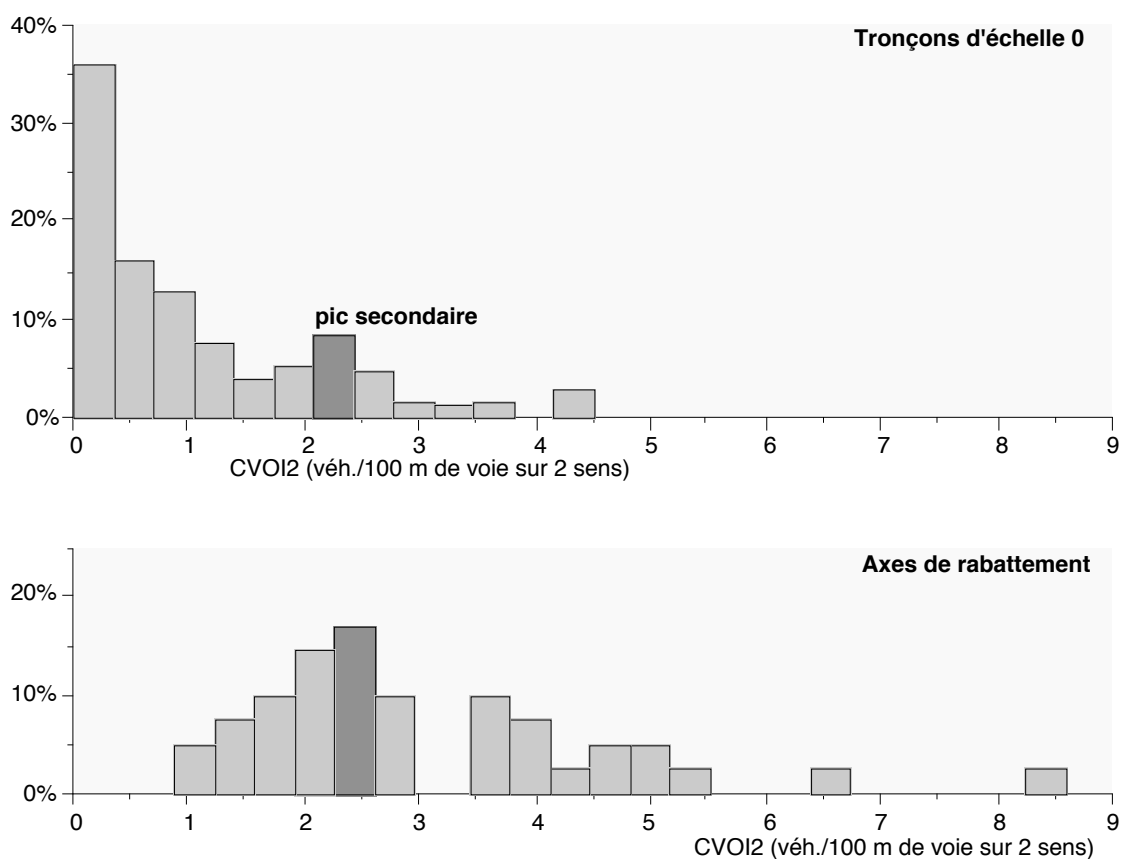
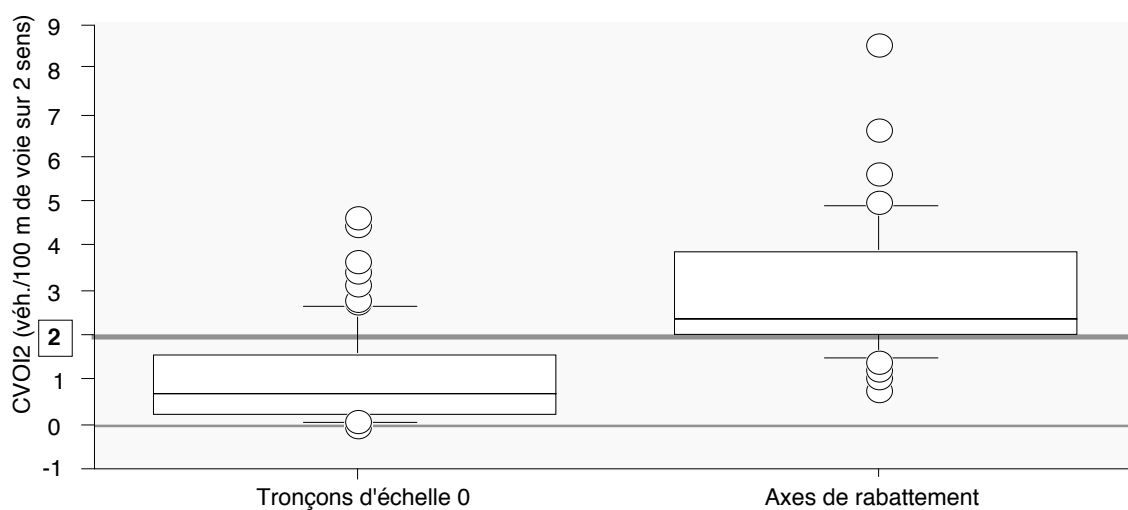


FIGURE 27
Comparaison graphes en boîtes

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



Condition 3 : des mailles dans les mailles

Conformément à notre modèle selon lequel les axes de rabattement forment un réseau maillé découpant l'espace urbain en points-de-réseau, il faut par ailleurs que le tronçon fasse partie d'une chaîne de tronçons (vérifiant eux aussi les deux conditions précédentes) dont la mise bout à bout forme un arc du graphe associé au réseau des axes de rabattement : en d'autres termes, il faut que cette chaîne relie deux points (carrefours) situés sur deux axes de rabattement distincts, c'est-à-dire qu'elle découpe une maille existante (point-de-réseau) en deux. Cette exigence topologique sera appelée **condition 3**.

Condition 4 : une répartition directionnelle de trafic homogène

Il faut ensuite que le trafic observé aux carrefours entre axes de rabattement d'un côté, tronçons vérifiant les trois conditions précédentes de l'autre, présente une répartition par "catégories" (les trois catégories de l'**annexe 12** : traversées, entrées, sorties) qui suggère une "équivalence de statut" (en termes de nature de trafic supporté) entre les premiers et les seconds. Pour vérifier ce quatrième point, nous proposons le raisonnement suivant :

En nous référant à notre adaptation du concept de point-de-réseau, selon laquelle tout déplacement automobile s'effectue par rabattements / éclatements successifs²⁹⁷, mais ne connaissant pas les origines / destinations, nous posons un postulat d'homogénéité de répartition de ces dernières, et donc d'homogénéité de répartition directionnelle du trafic sur le réseau d'axes de rabattement découpant notre terrain d'étude... en particulier, aux carrefours : si l'on prend l'exemple d'un carrefour simple (deux axes de rabattement qui se croisent), on déduit du postulat précédent que statistiquement, sur *trois* véhicules arrivant d'une direction donnée à ce carrefour, *un* véhicule tourne à gauche, *un* véhicule continue tout droit, et *un* véhicule tourne à droite. Autrement dit, à un croisement entre un axe de rabattement et une chaîne de tronçons d'échelle 0 soupçonnés d'être eux aussi des éléments d'axes de rabattement (car vérifiant les conditions 1, 2 et 3), il faut que le trafic sur ces

²⁹⁷ Tout déplacement automobile est donc supposé se décomposer en une phase de rabattement (effectuée à l'intérieur du réseau d'échelle 0), une phase de trajet proprement dit (qui peut elle-même être décomposée en rabattements/éclatements entre voies de différentes échelles non nulles), et une phase d'éclatement finale (dernières minutes du trajet, de nouveau au sein du réseau d'échelle 0).

derniers, plus exactement, sur les tronçons **efférents** (par rapport au carrefour), soit constitué pour les **deux-tiers** (au moins) de véhicules venant de l'axe de rabattement. C'est notre **condition 4**.

Condition 5 : marginalité de la traversée des nouvelles frontières

Enfin, il faut évidemment que les éventuels nouveaux axes de rabattement potentiels (tronçons d'échelle 0 satisfaisants aux quatre conditions précédentes) vérifient *aussi* les quatre conditions nécessaires pour que l'adaptation du concept de point-de-réseau puisse être considérée comme pertinente (cf. chapitre 5). La vérification des trois premières étant évidente, il suffira de s'intéresser à la quatrième (marginalité du phénomène de traversée d'un axe de rabattement)... qui devient ici la **condition 5**.

Une impasse sur la réciproque

Il est important de noter que ce raisonnement en cinq points (plus exactement, cette définition de cinq conditions qu'un tronçon doit vérifier pour qu'il puisse être considéré comme un axe de rabattement à part entière) repose sur le présupposé du caractère définitif du statut d'axes de rabattement des tronçons de largeur entre façades supérieure ou égale à 25 mètres. C'est là un postulat qui mériterait certainement d'être vérifié par une démarche analogue à celle que nous venons de proposer, en nous intéressant aux 25 % d'axes de rabattement (cf. graphe en boîte correspondant aux axes de rabattement, à la **figure 27**) sur lesquels la concentration moyenne pour deux sens n'atteint pas la valeur de 2 véhicules/100 m de voie, valeur devant en principe discriminer (entre autres critères) tronçons d'échelle 0 et axes de rabattement. En fait, nous nous autorisons la facilité de faire l'impasse sur cette démarche²⁹⁸, car notre objectif premier est d'obtenir aussi rapidement que possible un corpus de tronçons d'échelle 0 homogène, même si pour ce faire nous éliminons plus de tronçons que nécessaire²⁹⁹. En d'autres termes, nous nous contentons de la première validation (fondée sur le test de Kolmogorov, cf. chapitre 5) pour corroborer la

²⁹⁸ correspondant en fait à la question réciproque de la précédente : "y-a-t-il des tronçons d'échelle 0 cachés parmi les axes de rabattement ?"

²⁹⁹ on cherche donc éventuellement à *éliminer* des tronçons - aussi peu que possible, toutefois, pour ne pas trop réduire la taille de l'échantillon - mais pas à en ajouter.

pertinence de la notion d'axe de rabattement définis sur la base du critère unique de largeur entre façades.

7.1.3.- Axes de rabattement "cachés" : une hypothèse peu vraisemblable

Testons maintenant les cinq conditions sur l'ensemble des 150 supposés tronçons d'échelle 0.

Pour réaliser ce test, commençons par repérer sur un graphique (**figure 28**) les tronçons (et les carrefours entre ceux-ci et les axes de rabattement) satisfaisant à la condition 1 (concentration de trafic).

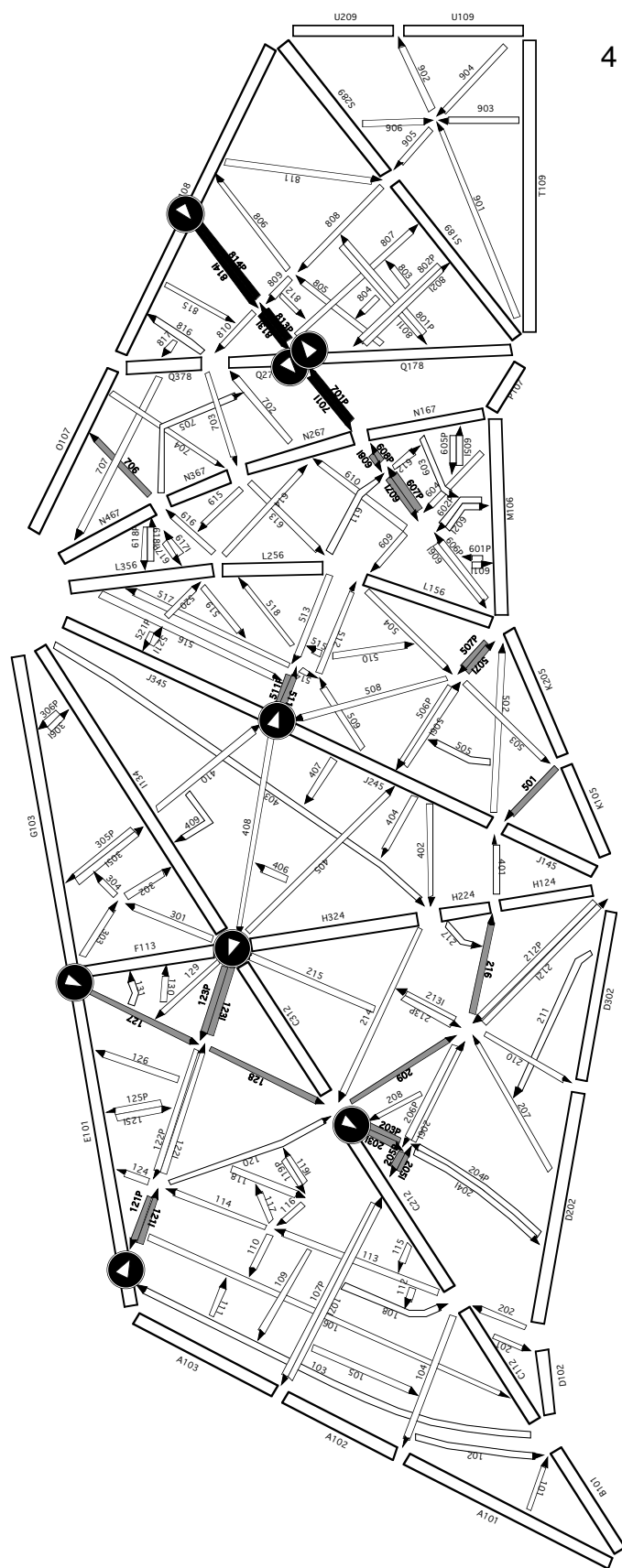
Nous distinguons ensuite par couleurs ceux qui vérifient *en outre* la seconde *ou* la troisième condition (en gris), de ce ceux qui vérifient la seconde *et* la troisième condition (en noir).

Nous croisons enfin cette "typologie" de tronçons avec la "typologie" de carrefours distinguant ceux vérifiant la condition 4 de ceux qui ne la vérifient pas (nous nous servons pour cela des neuf figures de l'annexe 12) ; ce croisement nous permet de conclure que *seuls quatre tronçons sur les 28* (soit 1 sur 7) qui constituent le "pic secondaire parasite" (et la partie de diagramme à droite de ce pic) du premier histogramme de la figure 26 peuvent être considérés comme d'éventuels axes de rabattement : il s'agit des tronçons 813P, 813I, 814P et 814I³⁰⁰. Cette proportion faible suggère que ce "pic parasite" correspondrait plus à une **catégorie particulière de tronçons d'échelle 0** qu'à des axes de rabattement *stricto sensu*.

Quant aux exceptions - les quatre tronçons sus-mentionnés formant une chaîne faisant penser à un axe de rabattement - la condition 5 y est malheureusement invérifiable, faute de données suffisamment représentatives : pendant la durée d'observation du *seul* carrefour avec un tronçon d'échelle 0 (il s'agit du tronçon 809 - afférent - prolongé par le 810 - efférent) que cet axe de rabattement potentiel possède, un seul véhicule a été observé - véhicule qui ne s'est d'ailleurs pas "rabbattu" (venant du tronçon 809, il a traversé le carrefour pour s'engager dans le tronçon 810).

300 Les tronçons 701P et 701I, plus exactement leur croisement avec l'axe de rabattement N (N167 et N267), ne vérifient pas la condition 4.

FIGURE 28
4 conditions d'axe de rabattement
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



LEGENDE

Tronçons à concentration moyenne (sur 2 sens) supérieure ou égale à 2 véh./100m de voie (condition 1), et vérifiant :

- la condition 2 (double-sens) **ou** la condition 3 (existence de "chaîne")
- la condition 2 (double-sens) **et** la condition 3 (existence de "chaîne")
- Carrefours où les 2/3 au moins du trafic efférent proviennent de l'axe de rabattement (condition 4)

Les principaux résultats de cette démarche sont donc les suivants :

- une infirmation de l'hypothèse d'existence, sur notre terrain d'étude, d'autres axes de rabattement que ceux définis par le critère de largeur entre façades, infirmation qui n'est toutefois que "statistique" (24 tronçons sur 28) dans la mesure où il demeure quatre cas d'indétermination ;
- une question relative à l'existence d'une possible catégorie "particulière" de tronçons d'échelle 0 ; cette question mérite d'ailleurs d'être généralisée : ne peut-on mettre en évidence plusieurs "sortes" de tronçons d'échelle 0 ?

Pour tâcher de lever cette indétermination, tout autant que de répondre à cette question, nous proposons de compléter la démarche décrite ci-avant par une seconde, fondée sur la méthode d'analyse multidimensionnelle.

7.2. - Les tronçons d'échelle 0 : un corpus homogène ?

Continuant la démarche d'homogénéisation de l'échantillon entreprise, nous nous posons ici les deux questions suivantes :

- Les quatre tronçons mis en évidence au paragraphe précédent constituent-ils, oui ou non, un axe de rabattement supplémentaire (et donc découpent-ils le point-de-réseau 8 en deux points-de-réseau) ?
- Dans quelle mesure la notion de tronçon d'échelle 0 est-elle pertinente en tant que catégorie de voies à part entière ?

Pour répondre, nous utilisons la méthode d'analyse des correspondances multiples décrite au chapitre 6, en traduisant ces deux questions comme suit :

- D'un point de vue multicritère (en prenant en compte *en même temps* l'ensemble des variables morphologiques et de contrôle), les quatre tronçons soupçonnés de former un axe de rabattement se démarquent-ils par rapport aux autres tronçons ? En d'autres termes, occupent-ils une place à part dans le nuage de points multidimensionnel ?
- Ce nuage de points est-il "continu" ou présente-t-il des ruptures - signes d'hétérogénéité de l'échantillon ?

7.2.1.- Une première approche morphologique multidimensionnelle

Nous avons donc effectué une analyse³⁰¹ du tableau Burt (cf. chapitre 6) correspondant au croisement entre l'ensemble des variables morphologiques et de contrôle par elles-mêmes : il eût été hors de propos d'intégrer les variables fonctionnelles (vitesses) à cette analyse, dans la mesure où il s'agit d'une première approche destinée à acquérir une connaissance préliminaire globale de la structure du nuage de points multidimensionnel, plus précisément à vérifier si dans notre échantillon, nous ne mélangeons pas des tronçons de différentes natures.

Nous donnons en **annexe 16** le diagramme des valeurs propres (pourcentage de la variance expliquée par chaque facteur) des 59 premiers facteurs (de toute façon, nous nous contentons d'interpréter le premier plan factoriel, suffisant pour une approche schématique générale), ainsi que les tableaux des contributions relatives des points à l'inertie de chacun des trois premiers facteurs (CTR) et des contributions relatives de chacun de ces derniers à l'excentricité de chaque point (COR)³⁰² ; par ailleurs, nous donnons à la **figure 29** la projection du nuage des points-modalités de variables sur le premier plan factoriel - meilleure représentation possible du nuage multidimensionnel dans un espace de dimension 2.

Il serait hors de propos de développer ici les principes d'exploitation de ces sorties³⁰³ ; rappelons simplement qu'une interprétation fondée sur les seules sorties graphiques est inappropriée, et que le recours conjoint aux projections du nuage sur différents axes factoriels et aux tableaux de l'annexe 16 est impéra-

301 Le logiciel utilisé est le module ANCORR du programme SAS ADDAD (micro), version 89. Toutes les sorties ont été réalisées par Frédéric Moatty du Centre d'Étude de l'Emploi.

302 Par "point", nous entendons indistinctement les tronçons ou les modalités des variables, les deux nuages étant repérés, on l'a vu au chapitre 6 (principe barycentrique), dans le **même** système d'axes factoriels.

303 Le lecteur intéressé est invité à se reporter à :

FENELON, J.-P. -*Qu'est-ce que l'Analyse des Données ?* , op.cit. pour une présentation simplifiée, et à :

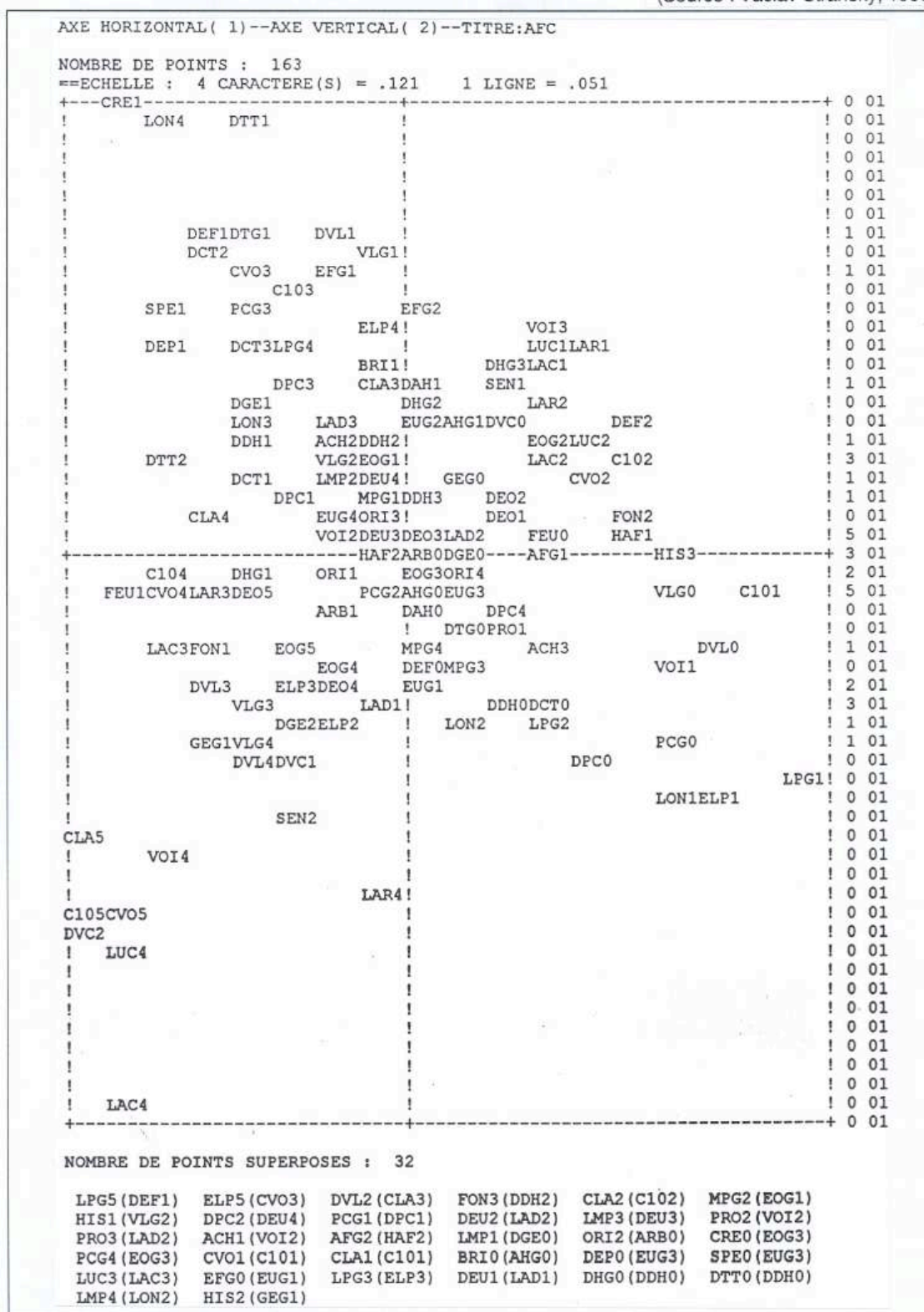
BENZECRI, J.-P. et collaborateurs -*Pratique de l'analyse des données 1, Analyse des correspondances - Exposé élémentaire*, op. cit., pour une présentation plus complète.

Signalons cependant que la lecture seule de tels ouvrages, pour utile qu'elle soit (principes, erreurs à éviter, initiation par l'exemple), est insuffisante pour improviser une analyse des correspondances fine, qui nécessite un savoir-faire et un "feeling" qui ne s'acquiert qu'au bout d'une longue pratique.

FIGURE 29

Nuage des modalités de variables projeté sur le premier plan factoriel

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



-tif³⁰⁴ (nous donnons en **annexe 17** quelques règles générales relatives au travail de dépouillement et d'interprétation de ces sorties).

Projeté sur le premier plan factoriel (figure 29) le nuage des points-modalités de variables présente une forme générale triangulaire³⁰⁵. Cette forme suggère une structure tripolaire, caractérisée par une première dualité (sur le premier facteur) entre un pôle situé dans la partie Est du plan factoriel³⁰⁶ (nous l'appelons **pôle 1**) et les deux autres pôles, et une seconde (deuxième facteur) entre le **pôle 2** (quart Sud-Ouest) et le **pôle 3** (quart Nord-Ouest).

Sans entrer dans le détail de l'interprétation des deux facteurs représentés (cf. annexe 17), contentons-nous de résumer le résultat de nos observations en disant qu'en première approximation :

- Le premier facteur oppose les tronçons à largeur de chaussée étroite, de faible longueur, terminés en T, percés après Haussmann, dépourvus de carrefours, de portes cochères et de vitrines, ne comportant pas d'aménagements spécifiques à la circulation automobile (signaux lumineux, passages cloutés...) et présentant des concentrations de trafic faibles (toutes ces modalités caractérisent le côté positif du premier facteur, donc le **pôle 1**)³⁰⁷, à tous les autres tronçons (côté négatif).

- Le second facteur vient affiner cette première typologie duale en différenciant, parmi "tous ces autres tronçons", ceux où le trafic est très dense, qui sont à double-sens de circulation, à chaussée large *mais* à largeur *utile par voie* relativement étroite, à distance entre points-à-risque successifs (q.v.) très

304 Par analogie, ignorer ces valeurs chiffrées reviendrait, lors de la détermination du centre de gravité de plusieurs solides, à ne tenir compte que des *positions* respectives des ces solides les uns par rapport aux autres, *mais pas de leurs masses*.

305 La forme triangulaire d'un nuage est relativement fréquente en analyse factorielle, mais à la différence d'autres grandes catégories de formes (par exemple, le modèle elliptique, le modèle parabolique, etc.), elle "*ne trouve pas d'équivalence logique en termes de forme de tableaux de données. Elle signifie que 'à valeur d'axe constant', il y a variation sur l'autre axe*" (JAMBU, M. -*Exploration informatique et statistique des données*, op.cit., p.250 ; le lecteur intéressé par les différents modèles de nuages et leur signification au niveau de la structure des données pourra se reporter à cet ouvrage, en particulier aux pages 248 à 252).

306 Par convention, nous nous référons aux points cardinaux pour repérer les différentes zones du plan factoriel : par exemple, le quart de plan correspondant aux valeurs positives des deux facteurs sera appelé "quart Nord-Est").

307 Evidemment, il s'agit là de "caractéristiques statistiques" : cette énumération ne signifie pas que **tous** les tronçons situés du côté du pôle 1 possèdent ces caractères ; seulement, ils sont suffisamment nombreux pour que l'ensemble de ces modalités contribue de façon significative à la variance du premier facteur, du côté positif de ce dernier.

faible (l'une et l'autre de ces deux dernières caractéristiques suggérant des tronçons non adaptés à la circulation rapide : pour la vitesse, ces tronçons seraient dimensionnellement et topologiquement "désavantagés"), présentant une forte tendance au stationnement en double file ainsi qu'une densité de vitrines élevée (les tronçons caractérisés par tous ces éléments étant statistiquement regroupés du côté négatif du deuxième facteur, donc aux alentours du **pôle 2**), de ceux, situés du côté du **pôle 3**, possédant des caractéristiques suggérant une "aptitude à faciliter un trafic fluide", une "vocation circulatoire" : largeur *par voie* importante (ce qui ne signifie pas largeur de chaussée totale ou largeur entre façades importante), un seul sens de circulation, longueur (i.e. distance entre deux points-à-risque successifs) importante (avantage topologique pour la vitesse) et concentrations de trafic moyennes (cela suggère une bonne fluidité)³⁰⁸.

Précisons que ces trois énumérations de modalités de variables, décrivant chacune l'un des trois pôles du nuage, sont incomplètes : nous avons passé sous silence certaines caractéristiques que nous avons estimées être liées uniquement à la codification des données. Pour illustrer ce point, signalons par exemple que le pôle 1 est caractérisé (en plus des modalités énoncées plus haut) par des *étendues de largeurs de parcelles* très faibles (indicateur de dispersion des largeurs des parcelles bordant le tronçon), les modalités ELP1 et LPG1 (cf. annexe 15) contribuant fortement à la variance du premier facteur (cf. annexe 16). Nous estimons cependant que cette contribution n'est pas significative, dans la mesure où elle résulte vraisemblablement d'un lien fort³⁰⁹ entre ces deux modalités et la modalité LON1 : en effet, sur un tronçon très court dont les deux "parois latérales" ne sont souvent constituées chacune que par une parcelle unique, la dispersion ne peut qu'être nulle (donc "très faible" selon notre codage).

Le second exemple concerne les pôles 2 et 3 : le premier est caractérisé par des densités de portes cochères nulles, le second par des densités élevées. Nous interprétons cet état de fait comme une simple conséquence de la forte densité de vitrines associée aux tronçons situés du côté du pôle 2 : les commerces (en

308 Notons qu'apparemment, ce deuxième axe factoriel oppose deux fonctions du "boulevard urbain", qui en principe associe une vocation circulatoire (faciliter le déplacement automobile, permettre des débits importants) dans sa partie centrale à une vocation de "vie urbaine locale" (commerces, entre autres) sur les côtés.

309 Pour confirmer ce lien, il suffirait d'examiner le tableau des tris croisés, plus précisément les deux sous-tableaux donnant les effectifs aux croisements entre modalités de la variable ELPD et celles de la variable LONG d'une part, entre modalités de la variable ELPG et celles de la variable LONG d'autre part.

tous cas, certains types de commerces) s'installant logiquement dans les rues à fort trafic³¹⁰, les faces d'îlots donnant sur ces dernières sont utilisées au maximum pour l'effet-vitrine. Cette optimisation ne laisse plus de place aux portes cochères qui se trouvent reléguées aux tronçons non commerciaux - en particulier ceux caractérisés par les modalités du pôle 3. Ceci ne fait que renforcer l'impression de l'aspect "spécialisation pour la circulation automobile" de ce dernier : la plupart des modalités liées à l'usage automobile des rues, y compris les entrées et les sorties d'automobiles dans les îlots, donc, se trouveraient rassemblées autour de ce pôle.

7.2.2.- Une typologie tricéphale

L'ensemble de ces éléments suggère une typologie "de première approximation" (issue uniquement de l'examen du premier plan factoriel) comprenant trois types de tronçons d'échelle 0 :

- Les tronçons de **type 1**, correspondant au pôle 1 du nuage projeté, et que nous appelons - en nous fondant sur les modalités de variables caractérisant ce pôle - les tronçons de **desserte ultra-locale**, où "il ne se passe rien" (du point de vue de la circulation automobile) : dans notre interprétation, il devrait s'agir de tronçons "barreaux d'échelle" dont le rôle, au sein du réseau viaire, se réduirait exclusivement à la desserte des deux rangées de parcelles qui les bordent.

- Les tronçons de **type 2** (correspondant au pôle 2) que nous interprétons comme étant des "**collecteurs locaux**", qui, d'un point de vue circulaire, assureraient - au sein du point-de-réseau - le rôle d'intermédiaire entre d'autres types de tronçons d'échelle 0 et les axes de rabattement (ce seraient des espèces de mini-axes de rabattement, à l'échelle du point-de-réseau) ; cette vocation de collecteur local de trafic serait doublée d'activités diverses, de "vie de rue", notamment commerciale, ne favorisant vraisemblablement pas la vitesse et la fluidité du trafic.

310 Evidemment, il s'agit d'une vision très simplifiée, le lien de causalité que nous proposons étant sans doute discutable : vraisemblablement, la forte densité de (certains) commerces peut être considérée aussi bien comme la cause que comme la conséquence d'un trafic automobile important.

- Les tronçons de **type 3**, correspondent au pôle 3 dont nous avons dit qu'il regroupait apparemment les tronçons où "tout est fait pour favoriser la vitesse" ; l'interprétation que nous proposons est qu'il s'agit de "**tronçons express**", adaptés au déplacement automobile (à l'échelle du point-de-réseau, s'entend), spécialisés "pour la vitesse" et pour des déplacements "à longue distance", au sein d'un point-de-réseau, voire au delà (auquel cas, on pourrait parler de tronçons "transcendants").

A propos de cette typologie, nous formulerons deux remarques :

- La première est qu'il s'agit d'une typologie "probabiliste" : les limites entre les différents types sont floues (heureusement d'ailleurs : sinon, notre échantillon ne pourrait être considéré comme homogène), et les descriptions que nous venons de donner correspondent à des "types idéaux" qui n'ont vraisemblablement aucune existence réelle, aucun tronçon ne pouvant être considéré comme appartenant exclusivement à tel ou tel type : par exemple, un tronçon peut être *à la fois* "un peu de type 1", "beaucoup de type 2" et "moyennement de type 3".

- La seconde est que cette typologie ne constitue pour l'instant qu'une "hypothèse consolidée", issue d'un certain nombre d'éléments suggérés par des proximités de modalités de variables³¹¹. En particulier, nous avons intégré, dans la description des types, des considérations relatives à la fluidité et la vitesse, bien que rien dans les modalités retenues ne nous permette de formuler de telles assertions.

Pour conforter notre interprétation, nous avons placé les différentes modalités de vitesses dans le nuage de points en tant que **variables supplémentaires** (cf. chapitre 6) : nous donnons en **annexe 18** une présentation sommaire de cette opération.

L'étude des **trajectoires**³¹² (cf. dernière page de l'annexe 18) des deux types de vitesses moyennes, VCIR et VMVT (pour les noms des modalités, cf. annexe 15),

311 L'une des difficultés de l'analyse des correspondances est de ne jamais perdre de vue ce qui est objectif - les indices fournis par l'analyse - et ce qui est de l'ordre de l'interprétation... qui n'est jamais qu'une affirmation que l'on devra s'efforcer de consolider par d'autres indices.

312 La trajectoire d'une variable est la suite des positions prises par ses différentes modalités ordonnées.

apporte un indice supplémentaire allant dans le sens de notre interprétation précédente : très faibles vitesses (VMV1)³¹³ du côté du pôle 1, vitesses moyennes (VCI1, VCI2, VMV2) dans la zone d'influence du pôle 2, vitesses plutôt élevées (VCI3, VCI4, VMV3, VMV4) dans la partie du plan factoriel correspondant au pôle 3.

7.2.3.- Vérification de la typologie proposée : principe de la démarche

Toutefois, avant de conclure sur la validité de notre typologie, il est une étape supplémentaire sur laquelle l'impasse ne peut être faite : le "retour au terrain", qui doit permettre de constater *de visu* à quels tronçons correspondent les différents types proposés³¹⁴.

Pour effectuer ce retour au terrain, nous nous servons de l'une des propriétés remarquables (évoquée au chapitre 6) de l'analyse des correspondances multiples : la possibilité de visualiser dans le *même* espace multidimensionnel (i.e. : dans le même système d'axes factoriels) indistinctement le nuage des points-variables et celui des points-tronçons : la forme générale du nuage - en particulier sa projection sur le premier plan factoriel - et les regroupements autour des pôles mis en évidence précédemment concernent les *deux* nuages. En d'autres termes, une zone d'un plan factoriel regroupant certaines modalités de variables correspond à un regroupement de points-tronçons caractérisés par ces dernières. Concrètement, nous procédons de la manière suivante :

1- On repère **visuellement**, dans le premier plan factoriel (**figure 30**), les "zones homogènes" qui pourraient correspondre à chacun des trois types ("idéaux") ; évidemment, les limites de ces sous-nuages sont plus ou moins clairement définies ; l'appréciation visuelle se fonde aussi bien sur des densités de points (recherche de regroupements "serrés" aux trois sommets du triangle

313 N'oublions pas que les modalités VMV0 et VCI0 caractérisent non pas des tronçons où la vitesse est nulle, mais ceux où aucun véhicule n'a été observé pendant la durée de survol.

314 Le véritable rôle de l'analyse des correspondances multiples (et plus généralement, de l'analyse factorielle) est de *suggérer* ; pour aller plus loin, il est nécessaire de confronter l'interprétation (issue de ces suggestions) au terrain d'étude. Une démarche utilisant des méthodes d'analyse factorielle combine donc examen de nuages de points et examen de la réalité étudiée ; ce n'est qu'au prix de ce va-et-vient qu'elle aura une chance d'être véritablement constructive.

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



que forme le nuage) que sur la présence de zones de faible densité (relativement vides de points) pouvant éventuellement "isoler" ces regroupements denses du nuage. On remarque alors que si ces types 1 et 2 se démarquent des autres tronçons par de tels "espaces vierges" (très peu marqués, certes, le nuage étant globalement continu), la limite Sud du type 3 est visuellement inexistante ; nous considérons donc que la zone du type 3 est constituée par la totalité du quart Nord-Ouest du plan factoriel.

2- Dans chacun des trois sous-nuages ainsi définis, nous relevons les numéros des tronçons qui ne sont "pas trop mal représentés" dans leur projection sur ce plan (somme des COR sur les deux premiers facteurs supérieure à une valeur arbitraire, que nous fixons à **200 millièmes** ; cf. le tableau correspondant aux points-tronçons en annexe 16) ; ces tronçons (en théorie représentatifs des "types-idéaux") sont ensuite reportés sur la carte du terrain, ce qui permet de vérifier *de visu* (en ayant en tête l'image mentale que nous avons gardée de ces tronçons après visites sur le terrain) si notre interprétation de chaque type correspond à une réalité concrète.

Voyons maintenant type par type les résultats de cette démarche.

7.2.4.- La typologie soumise à l'épreuve du terrain

Type 1 : tronçons ultra-locaux ou "barreaux d'échelle"

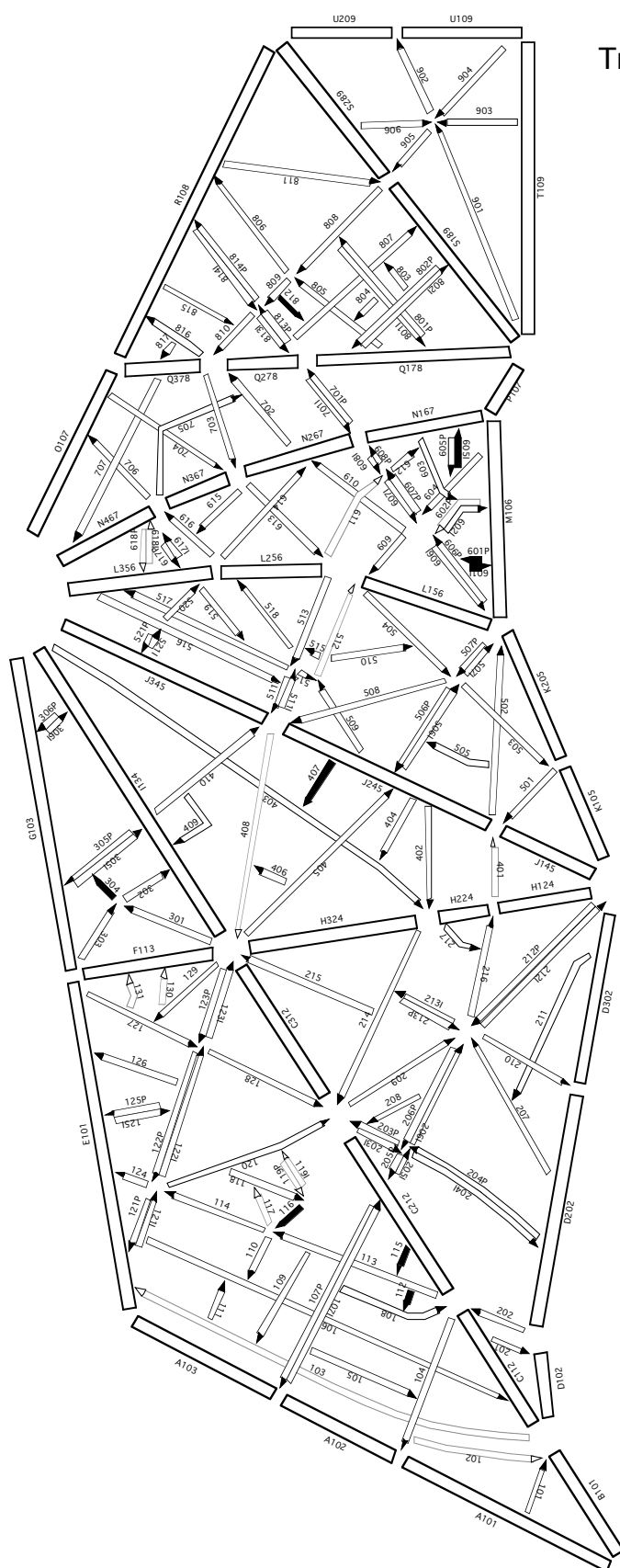
Sur la **figure 31**, représentant la projection du nuage des points-tronçons sur le premier plan factoriel, nous délimitons donc la zone correspondant en principe au type 1 ; à l'intérieur de cette zone, nous encadrons les tronçons "pas trop mal représentés" ($COR > 200$ millièmes) dans ce plan, et les reportons sur une carte (**figure 32**), dont l'examen confirme notre interprétation première : tous les tronçons noircis (devant correspondre au "type 1 idéal") présentent un achèvement en T, une très faible longueur, et sont dépourvus de carrefours.

Par ailleurs, tous ces tronçons sont caractérisés par la modalité VCI0 de la variable VCIR : il s'agit donc bien de voies où, du seul point de vue circulaire, "il ne se passe rien".



(Source : Vaclav Stransky, 1995)



FIGURE 32
Tronçons de type 1 : ultra-locaux
 (Source : Vaclav Stransky, 1995)



LEGENDE

 ronçons illisibles
 ronçons situés dans la zone "type 1 idéal" du premier plan factoriel et dont la valeur du COR, cumulée sur les deux premiers facteurs, est supérieure ou égale à 200/1000.

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

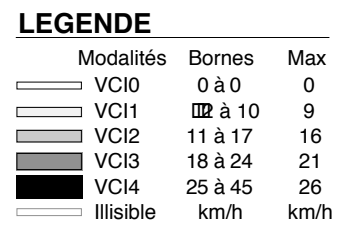
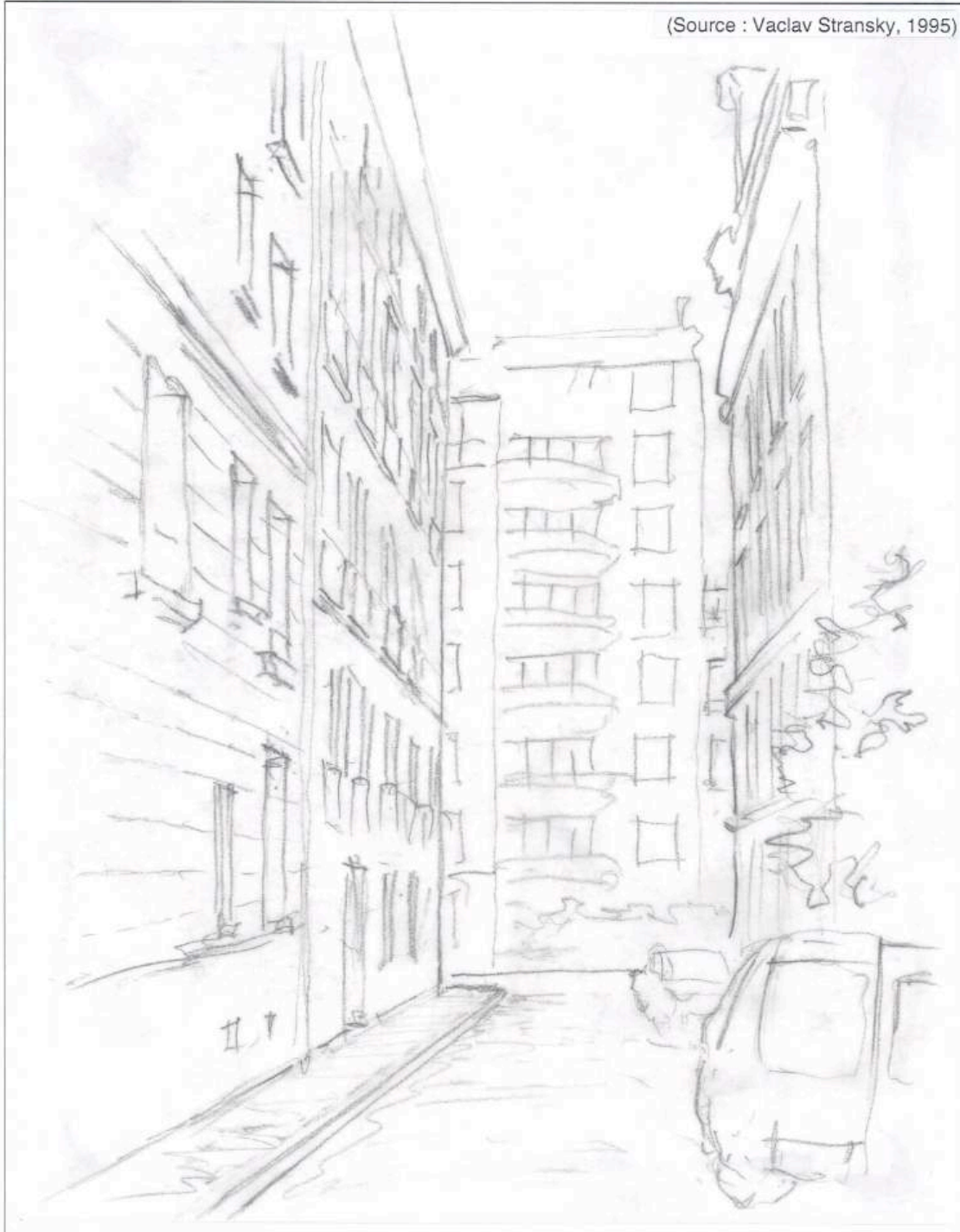


FIGURE 34

Type 1 : Les tronçons ultra-locaux ou "barreaux d'échelle"

Le type 1 est caractérisé par une chaussée étroite, une longueur très faible, un achèvement en T, une absence de carrefours, de portes cochères, de vitrines et d'aménagements spécifiques à la circulation automobile.

Le croquis ci-dessous a été réalisé rue Mony (on regarde vers l'Ouest, c'est-à-dire dans le sens de la circulation) - le tronçon 112 selon notre nomenclature - qui est un représentant caractéristique du type 1 (cf. figure 31, où ce tronçon est situé à l'extrême Est du plan factoriel).



Afin de vérifier que cette caractéristique relative au trafic automobile est bien essentielle dans la définition du type 1, nous procédons ensuite de manière inverse pour tenter de répondre à la question réciproque : un tronçon "où il ne se passe rien" est-il forcément de type 1 ?

A cette fin, les tronçons ayant pour modalité VCI0 sont repérés sur la carte des vitesses (**figure 33**) et reportés dans le plan factoriel : on constate alors (**figure 31**, tronçons soulignés) que sur 28 tels tronçons, 20 sont situés dans la zone correspondant au type 1 (délimitée visuellement), 7 sont dans la moitié Est du plan factoriel (zone d'influence du type 1), 1 dans la moitié Ouest ; on peut donc dire qu'un tronçon où "il ne se passe rien" est la plupart du temps de type 1... ou "majoritairement" de type 1 (n'oublions pas que le type est un idéal abstrait).

Nous concluons de tout ce qui précède que bien qu'en toute rigueur, tous les tronçons "où il ne se passe rien" ne soient pas de type 1, la modalité VCI0 semble bien être l'apanage de ce type ; les tronçons appartenant à ce dernier (ou plus exactement : s'en approchant) peuvent bien être considérés comme "ultra-locaux" : leur unique "fonction déplacement automobile" est la desserte des deux rangées de parcelles (et le cas échéant, des deux rangées de places de parking) qui les bordent.

Le croquis de la **figure 34** est un "résumé graphique" des principales particularités repérables des tronçons de ce type.

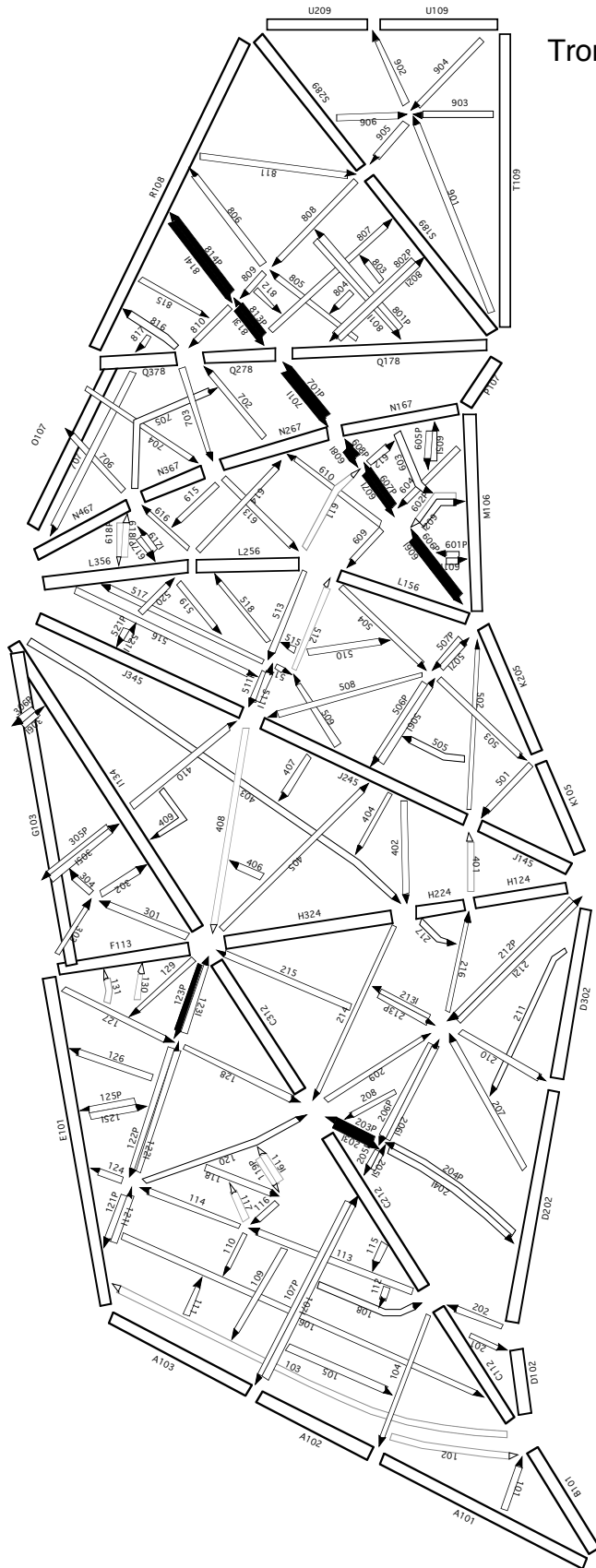
Type 2 : les collecteurs locaux

De façon analogue, nous encadrons, dans la projection du nuage sur le premier plan factoriel, les points tronçons dont la valeur cumulée du COR sur les deux premiers facteurs est supérieure à 200 millièmes, situés à l'intérieur du sous-nuage correspondant en principe au type 2 (**figure 35**) ; nous replaçons ensuite ces tronçons sur une carte (tronçons noirs sur la **figure 36**), ce qui nous permet de vérifier *de visu* qu'ils font tous partie de rues à double sens de circulation et qu'ils sont "topologiquement désavantagés" pour la vitesse de circulation (leur longueur - distance entre deux points-à-risque successifs - est faible). En outre, nous vérifions dans le tableau disjonctif complet (annexe 14) que tous ces tronçons sont caractérisés par des largeurs entre façades importantes, présentent des densités de vitrines fortes ou très fortes (l'une des deux variables DVLD ou DVLG *au moins* prend la valeur DVL3 ou DVL4 pour la première, VLG3 ou VLG4 pour la seconde), et surtout, que sur les 15 tronçons



(Source : Vaclav Stransky, 1995)



FIGURE 36
Tronçons type 2: collecteurs locaux
 (Source : Vaclav Stransky, 1995)



LEGENDE

 tronçons illisibles
 tronçons situés dans la zone
 "type 2 idéal" du premier plan factoriel
 et dont la valeur du COR, cumulée
 sur les deux premiers facteurs, est
 supérieure ou égale à 200/1000.

considérés (et constituant en principe le "noyau dur" du type 2), 10 présentent des concentrations de trafic par voie très fortes (CVO5), les 5 autres des concentrations fortes (CVO4).

Est-ce à dire - de même que l'absence de trafic automobile est un attribut du type 1 - que le type 2 est caractérisé par une densité de trafic élevée ? Si tel est le cas, notre première interprétation (type 2 comme "collecteur") s'en trouverait consolidée (par définition, un "collecteur" devrait supporter des niveaux de trafic importants).

Pour le savoir, nous procédons de la même manière que pour le type 1 : sur la carte des concentrations (**figure 37**), on relève les numéros des tronçons caractérisés par la modalité CVO5, et on les repère (en les soulignant) dans la projection du nuage sur le premier plan factoriel (**figure 35**) ; parmi les 23 tronçons ayant la modalité CVO5, on en dénombre 17 dans le quart Sud-Ouest du plan (zone d'influence du pôle 2), 4 dans le quart Nord-Ouest, et 2 à la frontière entre les deux ; nous en concluons que les concentrations de trafic élevées constituent bien une spécificité du type 2 ; très vraisemblablement, la fonction-circulation de ce type est donc bien celle de *collecteur*.

Afin de vérifier qu'il s'agit d'une fonction de collecteur *local* (à l'échelle d'un point-de-réseau), nous nous intéressons enfin aux croisements entre les tronçons constituant le "noyau dur" du type 2 et les axes de rabattement : pour cela, nous reportons sur une carte (**figure 38**) les carrefours sur lesquels la part de véhicules traversant l'axe de rabattement par rapport au trafic afférent (part exprimée en pourcentage) est non nulle.

Si l'on considère que pour être "significatif", ce pourcentage doit être d'au moins 33% (en moyenne, un véhicule - ou plus - sur trois véhicules afférents traverse l'axe de rabattement ; c'est là une limite arbitraire), on constate que sur les 7 tronçons (parmi les 15) afférents aux carrefours avec des axes de rabattement, **un seul** remplit cette condition (cf. figures 36 et 38) : dans la *plupart* des cas, donc, la *plupart* des véhicules arrivant à ces carrefours ne traversent pas (ou en d'autres termes, ils "se rabattent"). De ce fait, on peut considérer que globalement, le type 2 représente bien des collecteurs *locaux*.

Pour finir, on remarquera que les 4 tronçons soupçonnés d'être des axes de rabattement (813P, 813I, 814P, 814I) font partie du "noyau dur" de ce type 2, au même titre que 11 autres tronçons (dont on est sûr qu'ils ne sont pas des axes

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

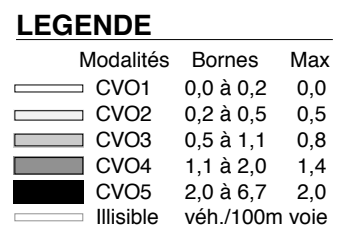


FIGURE 38
Traversée frontières : trafic afférent
 (Source : Vaclav Stransky, 1995)

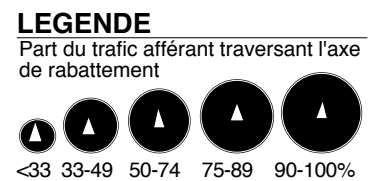
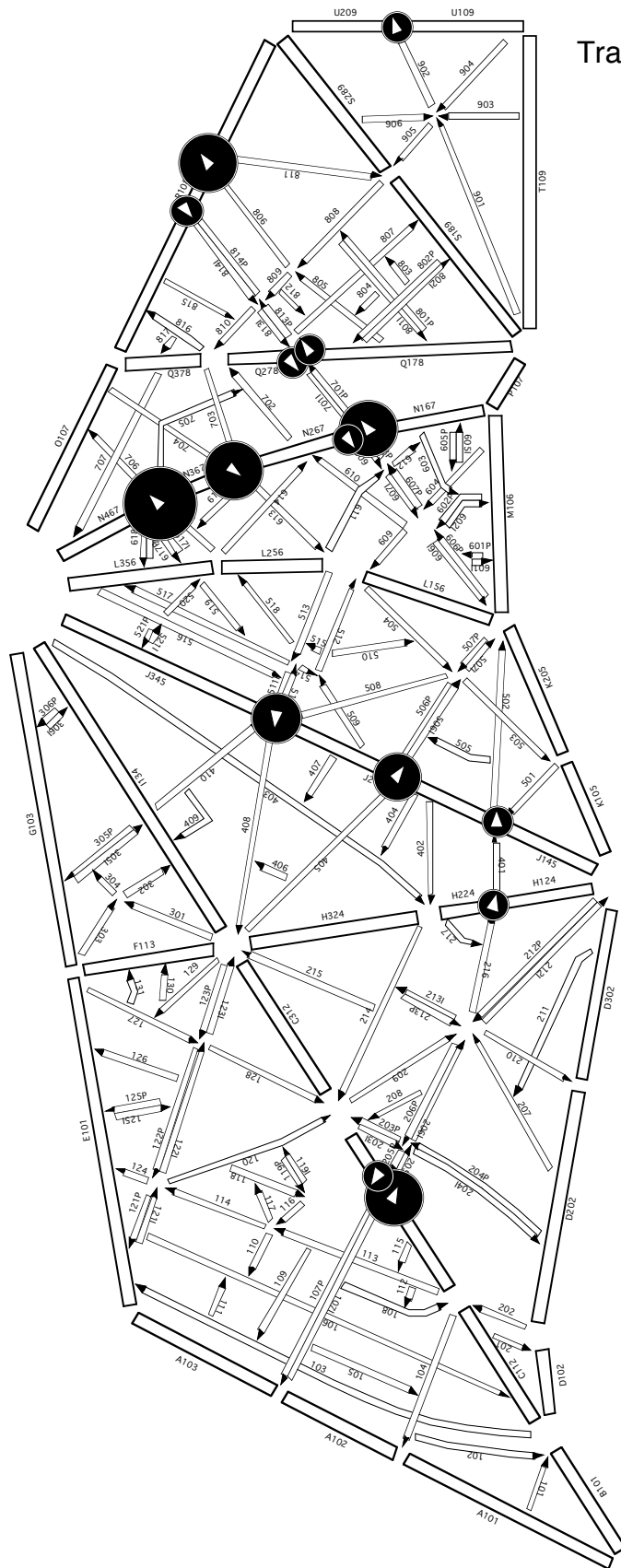


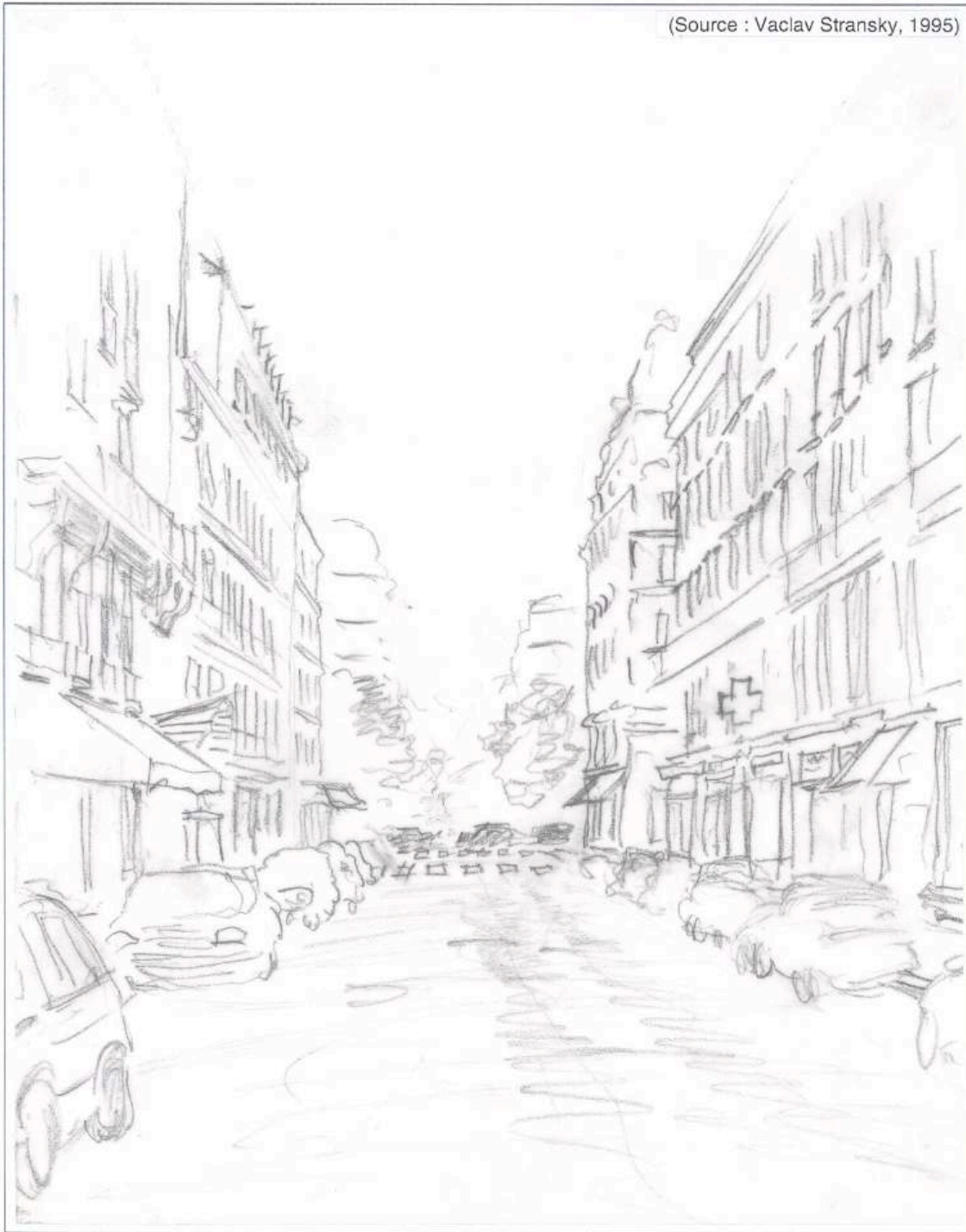
FIGURE 39

Type 2 : Les collecteurs locaux

Un tronçon de type 2 est caractérisé par le fait qu'il est issu d'une rue à double sens de circulation, mais aussi par une chaussée large (et une largeur utile par voie relativement faible), une longueur faible, une densité de vitrines élevée, et une forte tendance au stationnement en double file.

Le croquis ci-dessous représente le tronçon 203I issu de la rue de la Pompe (à "contre-courant" : on est positionné côté impair, et on regarde vers le Nord)

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



de rabattement) : n'occupant pas une place à part dans le nuage de points projeté, ces 4 tronçons doivent donc à notre avis être considérés eux aussi comme des collecteurs locaux. Nous en concluons que notre échantillon de tronçons d'échelle 0 ne comporte pas "d'intrus" d'une autre échelle.

La **figure 39** regroupe, sous forme de croquis, les principaux traits caractéristiques des collecteurs locaux.

Type 3 : tronçons "express transcendants" ?

Pour vérifier cette première interprétation du type 3, nous commençons - de façon désormais classique - par reporter sur une carte (**figure 41**) les tronçons "pas trop mal représentés" dans leur projection sur le premier plan factoriel et appartenant au sous-nuage (délimité visuellement) correspondant au pôle 3 (tronçons encadrés à la **figure 40**). Les six tronçons ainsi sélectionnés (et formant, en principe, le "noyau dur" du type 3), sont tous longs ou très longs et sont issus de rues à sens unique (cf. figure 41) : on peut donc penser que topologiquement (distance importante entre deux points-à-risque successifs) et réglementairement (pas de véhicules en circulation en sens opposé), ces tronçons sont adaptés aux vitesses élevées (comparativement à d'autres tronçons d'échelle 0, s'entend).

Cependant, on constate (carte des vitesses circulées, figure 33) qu'un seul parmi ces six tronçons est caractérisé par la modalité VCI4. Notre première interprétation serait-elle erronée ? Ce n'est pas sûr : en effet, il ne faut pas perdre de vue le fait que ce troisième type est, dans sa projection sur le premier plan factoriel, le moins "homogène", le moins marqué (il ne forme pas à proprement parler de sous-nuage dense et relativement bien délimité comme c'est le cas pour les deux autres types) ; en fait, il regroupe vraisemblablement aussi bien des tronçons se rapprochant de l'hypothétique type 3 idéal que nous cherchons à caractériser que des tronçons qui *n'appartiennent pas* aux deux types précédents ; en d'autres termes, il est possible que le quart Nord-Ouest du plan factoriel soit constitué avant tout par des tronçons "repoussés" par ces derniers, mais pas forcément "attirés" par l'hypothétique type 3... dont il n'existe sans doute pas - du moins pas dans notre échantillon - de "représentant idéal". Evidemment, ce n'est là qu'une hypothèse impossible à vérifier rapidement (il faudrait sans doute étendre l'analyse à d'autres facteurs).

FIGURE 40
Nuage des supposés "tronçons express"

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

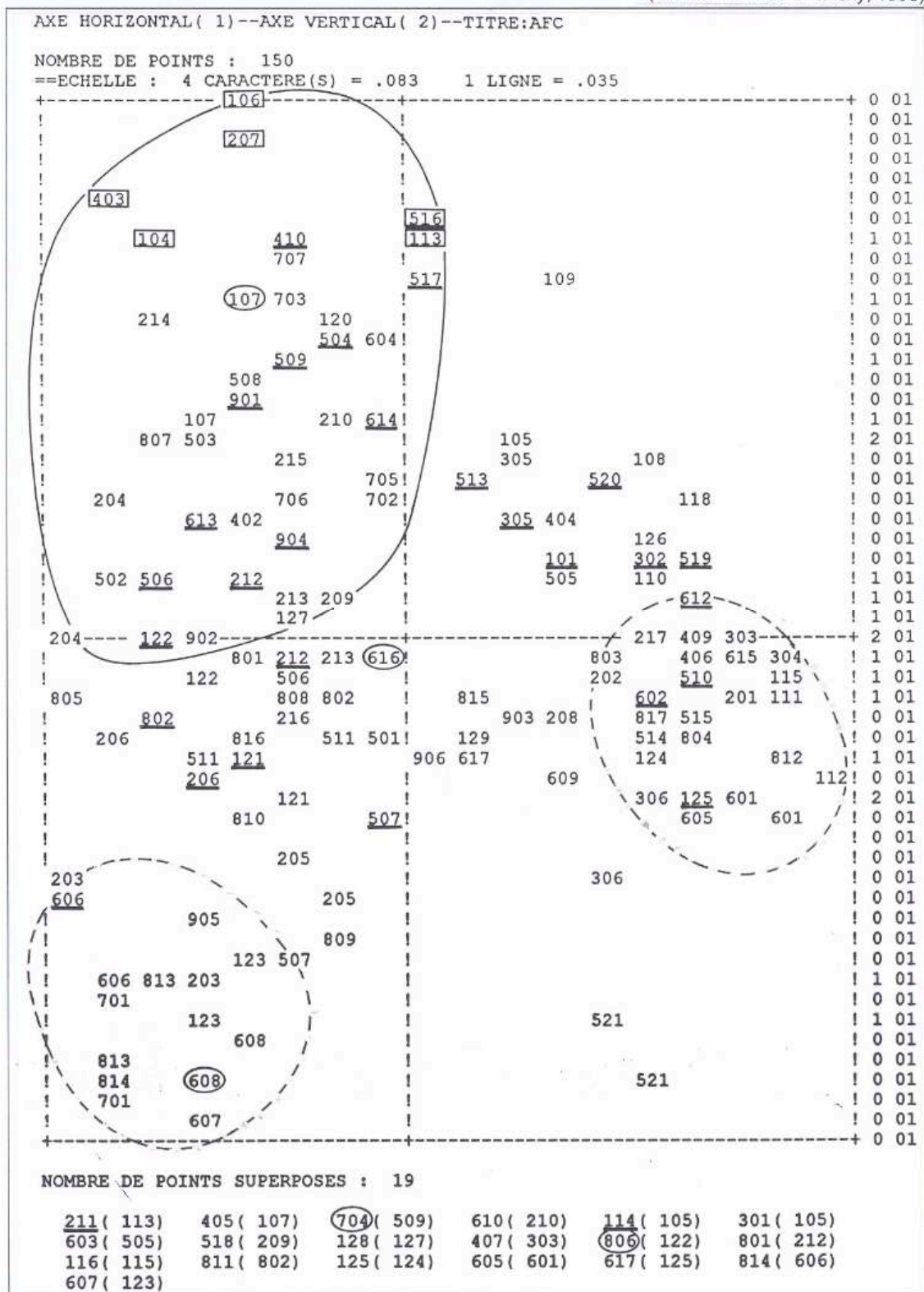
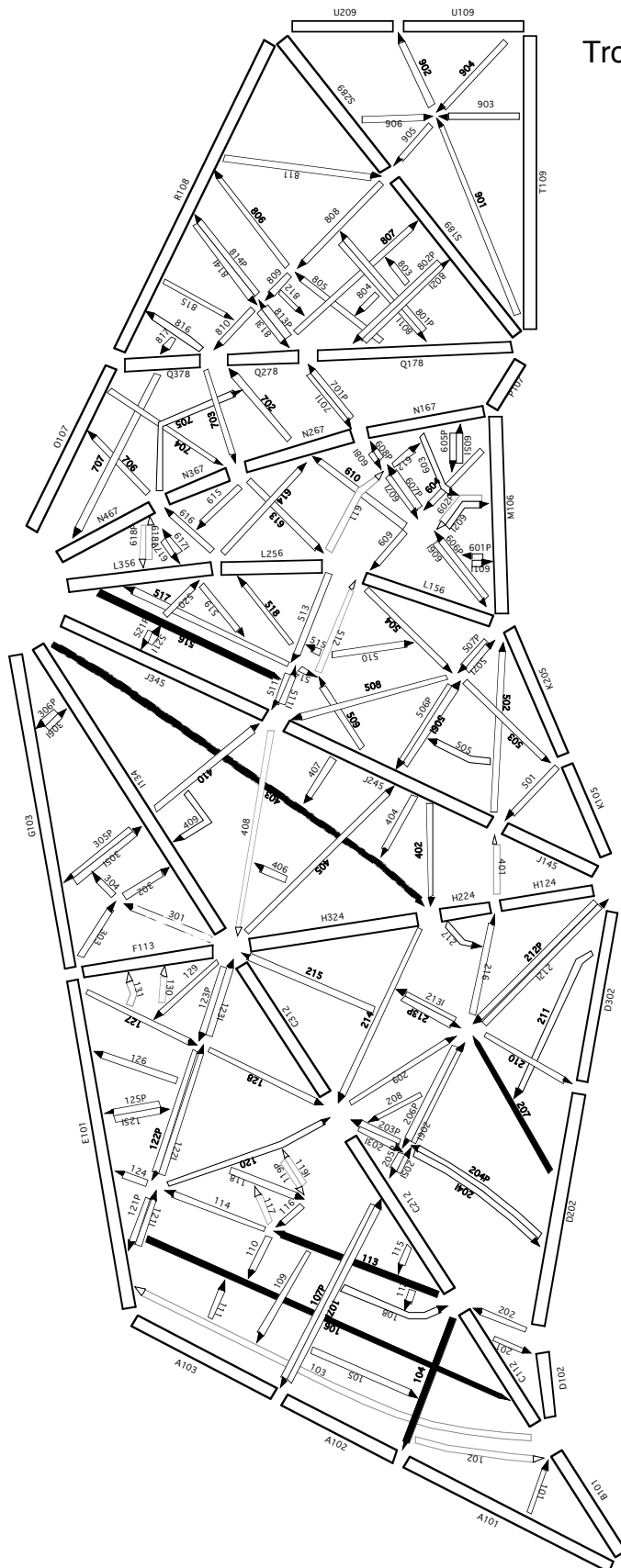




FIGURE 41
Tronçons type 3 : tronçons express
 (Source : Vaclav Stransky, 1995)



LEGENDE

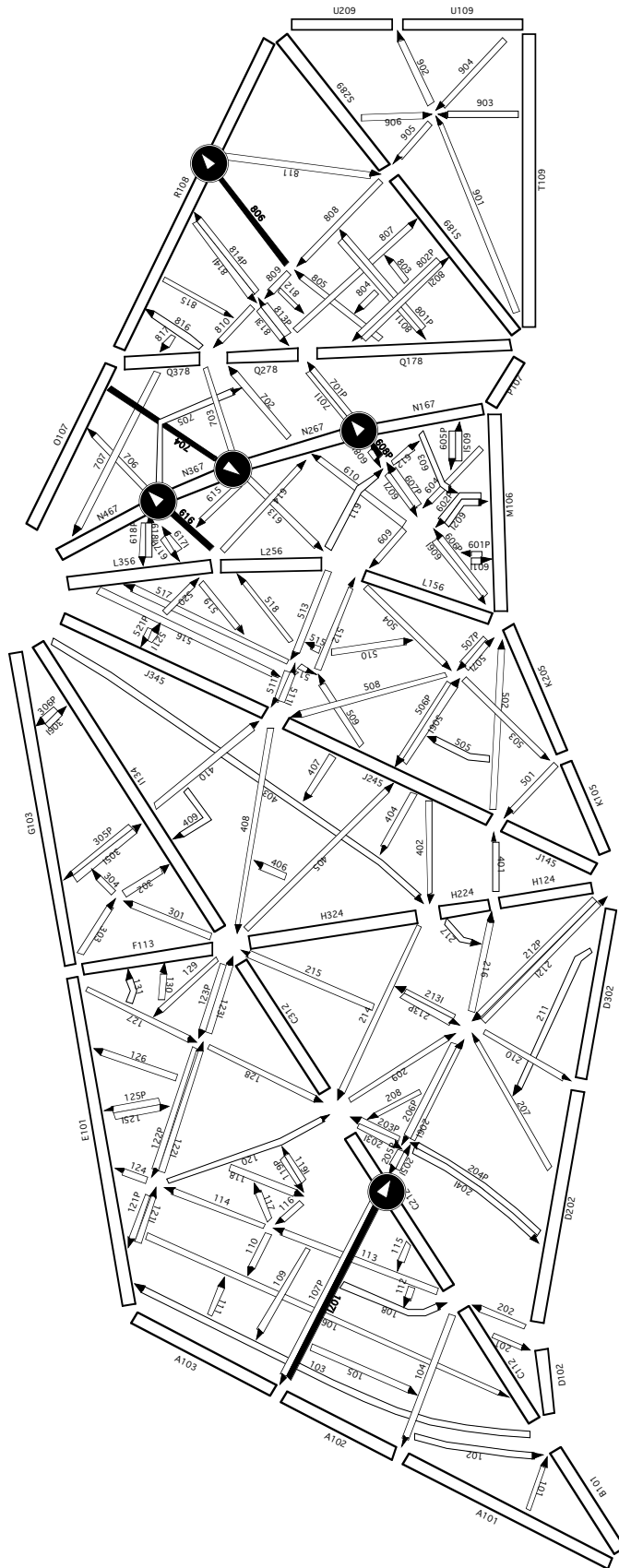
 tronçons illisibles
 tronçons situés dans la zone
 "type 3 idéal" du premier plan factoriel
 et dont la valeur du COR, cumulée
 sur les deux premiers facteurs, est
 supérieure ou égale à 200/1000.

Nous avons néanmoins décidé de procéder (comme pour les deux autres types) à la démarche inverse afin de vérifier si les tronçons caractérisés par des vitesses élevées se trouvent bien du côté du pôle 3. Le résultat de cette démarche est loin d'être aussi net que pour les types 1 et 2 (cf. les tronçons soulignés à la figure 40) : sur 30 tronçons de modalité VCI4, **13** appartiennent à ce que nous avons appelé "zone caractéristique du type 3", **4** tronçons à celle du type 1, **1** tronçon à celle du type 2, et 12 sont situés dans le "no man's land" (c'est-à-dire entre les sous-nuages délimités visuellement) ; notons tout de même que près des **trois-quarts** des tronçons "grande vitesse" *classables* (i.e. "proches" de l'un des trois pôles) sont situés dans la zone du type 3.

A défaut d'être caractérisés de façon *très* marquée par des vitesses circulées élevées, les tronçons de type 3 (censés supporter - selon notre première interprétation - un trafic non seulement "rapide", mais également "à longue distance"), peuvent-ils être considérés comme des espèces "d'itinéraires bis" pour des déplacements plus lointains que ceux internes à chaque point-de-réseau ? En d'autres termes, ces tronçons forment-ils des "chaînes" à l'échelle d'un arrondissement (voire de la ville prise dans son ensemble), utilisées par quelques "initiés" pour se déplacer entre des points éloignés de la ville en évitant les encombrements des axes de rabattement ?

Pour répondre, ou plus exactement, pour tenter d'étayer cette hypothèse, nous avons recours une fois de plus à la carte des répartitions du trafic aux carrefours entre tronçons et axes de rabattement (figure 38). Nous supposons qu'un tronçon afférent à un carrefour avec un axe de rabattement ne peut être considéré comme faisant partie d'une telle chaîne de déplacement à longue distance que s'il est "traversier", c'est-à-dire si une part importante du trafic afférent à ce carrefour traverse l'axe (nous fixons la limite à 50 % : il faut donc qu'au moins un véhicule sur deux arrivant au carrefour *ne se rabatte pas*) ; dans ces conditions, 5 "tronçons traversiers" peuvent être mis en évidence (cf. **figure 42**) ; parmi eux (figure 40, tronçons entourés d'une ellipse), **3** sont très nettement de type 3 (tronçons 107, 704 et 806), **1** est dans le no man's land entre les 3 pôles (le 616), et **1** est de type 2 (l'un des sens du 608) ; ce résultat laisserait à penser que "statistiquement" (!), les tronçons traversiers seraient bien de type 3 ; cependant, compte tenu du faible nombre de carrefours "traversés" présents sur notre terrain d'étude, ce n'est qu'une spéculation ; la vérification de l'existence d'un type idéal caractérisé par des déplacements rapides à longue distance (donc "itinéraires-bis-pour initiés" croisant au passage de nombreux axes de ra-

FIGURE 42
Tronçons traversiers
 (Source : Vaclav Stransky, 1995)



LEGENDE



-  Carrefours où la moitié au moins du trafic afférent traverse l'axe de rabattement
-  Tronçons traversiers (afférents à ces carrefours)

FIGURE 43

Type 3 : Les tronçons express transcendants

Les spécificités du type 3 sont : une largeur par voie importante (ce qui ne signifie pas largeur totale de chaussée ou largeur entre façades importante), un seul sens de circulation et une grande longueur (distance entre deux points-à-risque importante).

Le tronçon que nous avons choisi de représenter pour illustrer ce type est le 106 - la rue de la Faisanderie (on regarde ici vers l'aval, c'est-à-dire vers le Sud) - situé à l'extrémité Nord du "noyau dur" du type 3 dans la projection sur le premier plan factoriel (cf. figure 40).

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



-battement) nécessiterait l'extension de l'étude à une zone plus vaste (tout Paris... ou plus).

En tout état de cause, et sous réserve des remarques précédentes, l'hypothèse d'une interprétation visant à qualifier le cas idéal de ce type (cas qui n'existe pas forcément dans notre échantillon, vu l'étendue de la zone "type 3" et l'absence de "noyau dur") de "**tronçons express transcendants**" ne semble pas absurde. Remarquons au passage que ces résultats, assez peu tranchés, confirment le caractère probabiliste de la typologie, ce qui s'explique aisément dans la mesure où une rue n'est jamais monofonctionnelle, pas même du seul point de vue du trafic automobile ; tout au plus, certaines fonctions peuvent-elles *prévaloir* plus ou moins (suivant le cas) par rapport à d'autres...

A l'instar des deux autres types, un croquis donne un aperçu des attributs les plus significatifs du tronçon express transcendantal (**figure 43**).

7.3. - Un premier bilan positif

Ainsi s'achève l'approche première destinée à vérifier si, d'un point de vue morphologique multicritère, l'échantillon retenu peut être considéré comme homogène, du moins en première approximation.

La réponse est positive : le nuage de points projeté sur le premier plan factoriel est relativement continu, il ne se présente pas sous forme de deux sous-nuages disjoints, qui, traduisant une hétérogénéité - ou plus exactement, un mélange de tronçons de natures très diverses (par exemple : tronçons d'échelle 0 et axes de rabattement) - aurait nécessité deux analyses multidimensionnelles au lieu d'une seule³¹⁵ (ou alors, l'élimination de l'un des deux sous-nuages) ; en particulier, les quatre tronçons soupçonnés d'être des axes de rabattement n'occupent pas une "place à part" et peuvent donc eux aussi être considérés comme des tronçons d'échelle 0.

Ce souci de travailler sur un nuage continu est légitime en raison des principes mêmes de l'analyse factorielle, consistant - nous l'avons vu - à

315 Cf. JAMBU, M. -*Exploration informatique et statistique des données*, op. cit., pp. 248-249.

projeter un nuage de points sur des axes approximant au mieux la forme générale de ce dernier : il est clair que la construction de ces axes n'a de sens que dans l'hypothèse d'absence de "ruptures" ; approximer deux nuages disjoints par un seul axe factoriel, ce serait agréger deux phénomènes différents : par analogie, cela reviendrait à réaliser une régression linéaire unique sur deux nuages distincts (cf. **figure 44**). Cette étape était donc bien nécessaire pour réaliser une analyse pertinente.

Cependant, cet échantillon homogène n'en présente pas moins une structure tricéphale très marquée qui, liant caractéristiques morphologiques et caractéristiques de trafic (association de modalités de variables, assez évidentes pour certaines, moins pour d'autres), laisse supposer pour la suite de notre développement que la question de l'influence de la forme sur la fonction (vitesse) est pertinente. Cette structure triangulaire nous a permis de mettre en évidence une typologie qui, si elle est probabiliste et présente une continuité d'un type à l'autre, n'en est pas moins clairement perceptible. Étant donné que cette typologie constitue, par rapport à notre question centrale, un sous-produit de cette étude, nous ne l'avons pas approfondie, et nous nous sommes contentés d'une interprétation assez schématique ne mettant en jeu que le premier plan factoriel, sur lequel une démarche fondée sur des appréciations visuelles de regroupements de points, a été mise en œuvre. Une étude plus poussée, dont l'objet serait d'affiner cette typologie de première approximation³¹⁶, pourrait néanmoins être menée sur ces mêmes données, en y appliquant la méthode de Classification Ascendante Hiérarchique³¹⁷.

Il peut par ailleurs être intéressant de rapprocher cette typologie tricéphale de celle établie par Dominique Fleury *et alii*³¹⁸... à quelques réserves près, cependant : si ses *rues commerçantes* font correspondance aux *collecteurs locaux* et ses *voies étroites* à nos *barreaux d'échelle*, ses *voies larges* ne peuvent que partielle-

316 La question centrale d'une telle étude pourrait par exemple être celle du lien entre morphologie (multicritère) et fonction au sens *stratégique* du terme (comportements au niveau des déplacements pris dans leur ensemble et non plus sur un tronçon : comment et en fonction de quels critères les automobiles "se massifient-elles ?"). Evidemment, pour mener à bien une telle étude, il serait nécessaire de travailler à une échelle supérieure (par exemple, à l'échelle de toute la ville). Plus qu'un véritable résultat, la typologie que nous avons esquissée doit être considérée comme une possible piste de recherche.

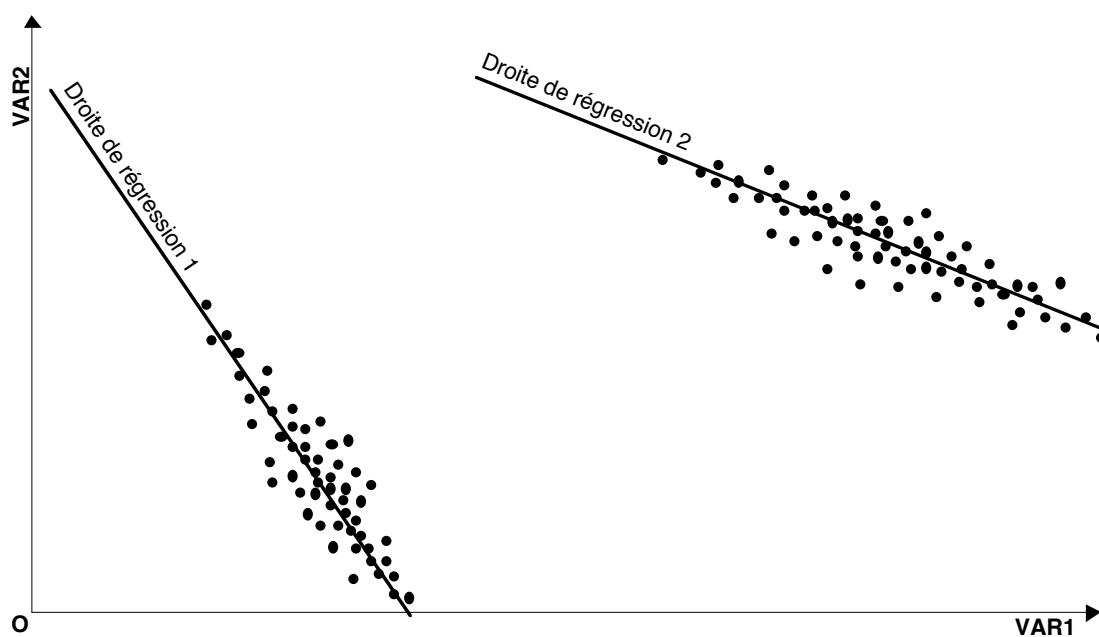
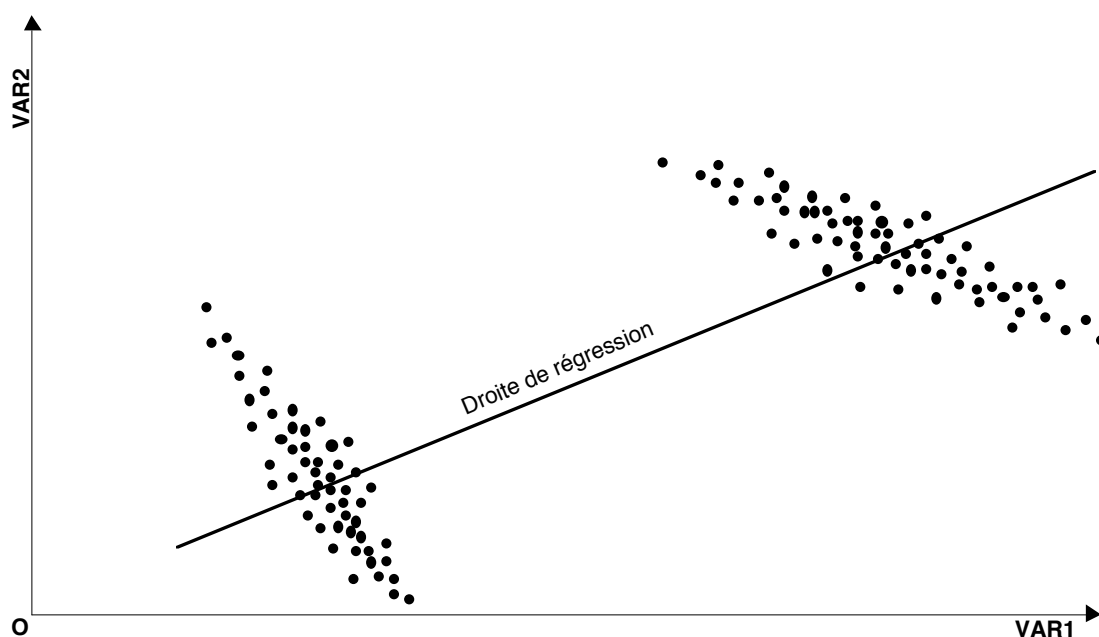
317 Cf. FENELON, J.-P. -*Qu'est-ce que l'Analyse des Données ?* op. cit.

318 FLEURY, D. ; FLINÉ, C. ; PEYTAVIN, J.F. -*Modulation de la vitesse en ville et catégories de voies urbaines*, op. cit., p.37.

FIGURE 44**Exemple fictif de régressions linéaires sur un même nuage de points**

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

Les deux graphiques ci-dessous représentent le même nuage de points (individus statistiques caractérisés chacun par deux variables, VAR1 et VAR2), qui se compose en fait de deux sous-nuages disjoints, et sur lequel on a fait une régression linéaire unique dans le premier cas, deux régressions (tenant compte de la structure duale du nuage) dans le second. D'un cas sur l'autre, les conclusions sont diamétralement opposées : dans le premier cas, on aurait conclu à une corrélation positive entre VAR1 et VAR2 ; dans le second, on aurait dit qu'il s'agit de deux groupes d'individus pour chacun desquels, il y a corrélation négative entre VAR1 et VAR2.



-ment être assimilées à nos tronçons de type 3 (express transcendants), dans la mesure où une largeur importante ne constitue pour nous qu'un élément discriminant "de première approximation" ; en effet, le premier facteur oppose, entre autres, les tronçons peu larges aux tronçons larges, et c'est seulement sur ces derniers que s'opère la distinction "de seconde approximation" (voies larges commerçantes opposées aux voies relativement larges de type 3) sur le deuxième facteur.

Outre son intérêt intrinsèque pour l'aménageur, la typologie que nous proposons constitue également un premier élément de réponse à la question centrale de notre travail, dont l'hypothèse fondamentale est la sous-détermination de la fonction par la forme d'éléments de voies urbaines : le fait d'avoir replacé, en variables supplémentaires, les différentes modalités de vitesses dans la projection permet déjà d'entr'apercevoir les combinaisons de variables morphologiques (et de contrôle) favorables aux vitesses faibles, aux vitesses moyennes ou aux vitesses élevées, chacune de ces plages de vitesses correspondant à l'un de nos trois types... ce qui ne signifie pas pour autant que d'autres combinaisons morphologiques ne pourraient pas correspondre aux mêmes plages de vitesses.

Il est donc nécessaire de procéder maintenant à une sélection de variables (plus exactement : modalités de variables) explicatives de la vitesse, en particulier isoler celles qui ont un effet "accélérateur" de celles qui ont un effet de "frein".

CHAPITRE 8 - VARIABLES EXPLICATIVES DE LA VITESSE PRATIQUEE

Introduction

L'échantillon des tronçons d'échelle 0 étant apparemment homogène, il est désormais possible de procéder à l'ultime étape de notre démarche - tester l'influence des différentes variables morphologiques sur les niveaux de vitesses pratiquées. Pour cela, nous utilisons de nouveau la méthode des correspondances multiples ; cependant, nous ne l'appliquons plus au tableau de Burt complet comme précédemment (croisement de l'ensemble des variables - moins les vitesses - par elles-mêmes), mais à une *bande* de ce dernier³¹⁹, celle qui croise les modalités des vitesses (variables expliquées) avec toutes les autres variables (variables explicatives).

8.1. - Épuration de l'échantillon pour une meilleure lisibilité

L'étude des sorties de l'analyse de la bande de Burt évoquée ci-dessus (cf. **annexe 19**) appelle un certain nombre de remarques. Tout d'abord, comme on peut le constater sur le diagramme des valeurs propres, le premier facteur explique plus de la moitié de la variance totale du nuage (55,937 %), le premier plan factoriel (cumul des deux premiers facteurs) en explique quant à lui près des **trois-quarts** (72,035 %) ; *a priori*, ce serait plutôt une bonne chose : il suffirait de se limiter, dans le travail d'interprétation, à ce premier plan factoriel... voire même au premier facteur. Cependant, si l'on consulte les tableaux des contributions relatives des différentes modalités à l'inertie de ces deux facteurs (CTR), on constate que l'essentiel de l'information fournie par ces derniers se réduit à des "trivialités" : ainsi, pour les vitesses, l'inertie du premier facteur est déterminée principalement par l'opposition entre modalités nulles d'un côté (côté positif), toutes les autres modalités de l'autre ; pour les autres variables, le

319 A propos de l'analyse par bandes du tableau de Burt, le lecteur intéressé pourra se reporter à l'article :

BENZECRI, J.-P., -"Sur la généralisation du tableau de Burt et son analyse par bandes [Bandes de Burt]", in *Les Cahiers de l'Analyse des Données*, Vol.VII, 1982, n°1, pp.33-43.

deuxième facteur, bien que moins caricatural que le premier, fait apparaître principalement une opposition entre concentrations de trafic très fortes (modalités C105 et CVO5 du côté positif, la valeur du CTR de ces deux modalités étant très élevée) et les autres concentrations (côté négatif). Il s'agit donc de deux évidences : "absence de véhicules" (tronçons "où il ne se passe rien") opposée à "présence de véhicules" en première approximation (premier facteur), et, sur les tronçons où des véhicules ont été observés, concentrations très fortes (du côté des faibles vitesses) *versus* autres concentrations, en seconde approximation (deuxième facteur). En soi, le fait que de telles évidences apparaissent sur les premiers facteurs n'est pas gênant³²⁰ ; le problème, c'est que d'une certaine manière, elles jouent le rôle de "masque" pour d'autres éléments explicatifs de la variance, éléments susceptibles de nous intéresser (car relevant à proprement parler de la morphologie des tronçons), mais pour l'étude desquels le recours aux facteurs suivants (troisième et au delà) s'avère nécessaire. Afin de simplifier la tâche d'interprétation³²¹, nous éliminons les tronçons "où il ne se passe rien" (modalité VCI0³²²) d'une part, ceux qui présentent des concentrations de trafic "élevées" (modalité CVO5) d'autre part : par ce biais, l'influence des autres variables (celles qui nous intéressent) devrait apparaître dès les premiers facteurs.

A l'issue de cette épuration de l'échantillon, celui-ci se trouve réduit à 103 tronçons (sur les 150 "lisibles" initiaux) ; nous donnons en **annexe 20** les nouveaux histogrammes des variables.

8.2.- Principes généraux de la démarche

L'**annexe 21** contient quelques unes des sorties de l'analyse des correspondances multiples de la bande de Burt croisant les modalités des vitesses (privées des modalités nulles) avec l'ensemble des modalités (sauf CVO5, évidemment) de toutes les autres variables. L'examen du diagramme des

320 En fait, on peut même dire qu'il est rassurant de constater que la méthode mette en évidence de façon aussi nette des résultats en adéquation avec le simple bon sens.

321 facilité qui s'impose pour un débutant en matière d'analyse factorielle

322 Dans la mesure où les modalités nulles des vitesses (VCI0, VMV0, VMA0 et VMI0) correspondent non pas à des vitesses nulles mais à des "indéterminations" (n'ayant observé aucun véhicule sur ces tronçons, on ne connaît rien de la vitesse pratiquée sur ces derniers), il eût de toute façon été peu pertinent de croiser ces modalités avec les autres variables dans une analyse dont l'objectif est de s'interroger sur l'influence de la morphologie non pas sur la "fréquentation" d'un tronçon, mais bien sur la *vitesse* pratiquée.

valeurs propres des facteurs (pour les principes généraux d'exploitation des sorties, cf. annexe 17) montre l'existence d'un hiatus entre le deuxième et le troisième facteur : on se contentera donc d'interpréter le premier plan factoriel... dont l'étude pourra être complétée, le cas échéant, par des extensions plus ou moins ponctuelles à d'autres axes. De toute façon, les résultats suggérés par l'analyse de cette projection en deux dimensions devront être vérifiés par l'étude des tris croisés³²³ (tableaux croisant vitesse et variable soupçonnée d'influer sur cette dernière ; cf. **annexe 22**)

8.2.1.- La concentration de trafic : une variable "comme les autres"

Il est un point qui mérite d'être signalé dans cette approche préliminaire, celui du rôle de la concentration de trafic : alors que le "poids" de la modalité CVO5 supplantait nettement celui de la quasi-totalité des autres variables (cf. dans l'annexe 19 les valeurs des CTR relatifs au deuxième facteur), on ne constate rien de tel pour les autres modalités de la concentration par voie (après épuration de l'échantillon), ce qui tendrait à montrer qu'en deçà d'une valeur "seuil" (aux alentours de **2 véhicules / 100 m de voie**), la variable CVOI perdrait son caractère prépondérant (par rapport à d'autres variables) en matière d'influence sur la vitesse moyenne pratiquée.

Comme par ailleurs nous avons vu que cette valeur correspondait *grosso modo* à la concentration moyenne par voie la plus représentative sur les axes de rabattement (en fait, elle est un petit peu plus élevée, de l'ordre de 2,5 véh / 100 m de voie ; cf. figure 26), notre choix initial de ne pas prendre en compte ces derniers dans le cadre de cette recherche s'en trouve justifié *a posteriori* : il serait vain d'essayer de tester l'influence de la morphologie sur la vitesse en utilisant un échantillon de voies où cette dernière est très largement déterminée par la concentration de trafic.

323 C'est un point que nous avons déjà évoqué au chapitre 6 : une proximité entre deux points-variables peut, certes, résulter du fait qu'en termes d'effectifs (probabilité de présence), il y a sur-représentation significative dans la case du tableau de contingences multiples correspondant au croisement entre les deux variables (dans ce cas, on pourra effectivement conclure à un lien statistique entre les deux variables) ; mais cette proximité peut également être fortuite, ou plus exactement, elle peut résulter d'un jeu d'attractions/répulsions avec l'ensemble des autres points.

8.2.2.- Interprétation du premier plan factoriel par les vitesses

Les deux premiers facteurs forment - on l'a vu au début de la section 8.2. - un "bloc" dont l'interprétation peut *a priori* suffire pour mettre en évidence les principales interactions morpho-fonctionnelles. Mais ce premier plan factoriel constitue une représentation privilégiée du nuage de points pour une autre raison : c'est que dans cette projection, les différentes modalités des vitesses sont ordonnées d'une manière qui rend l'interprétation aisée (cf. **figure 45**, où, par souci de lisibilité, on a visualisé les trajectoires des seules modalités de vitesses ; chacune des trajectoires y est matérialisée par une polyligne : trait épais pour VCIR, trait épais pointillé pour VMVT, trait fin pour VMAX³²⁴).

Ainsi, le premier facteur oppose les vitesses (VCIR, VMVT et VMAX) très faibles (côté positif) à toutes les autres modalités (à propos desquelles on notera qu'elles sont *ordonnées* sur cet axe) du côté négatif. Par ailleurs, si l'on se reporte au tableau (correspondant aux vitesses) de l'annexe 21, on constate que ce premier facteur explique la quasi totalité de la variance de la modalité VMV1 (COR = 868 ‰), près de la moitié de celle de VCI1 (COR = 485 ‰) et plus des trois-quarts de celle de VMA1 (COR = 768 ‰) : VMV1, VCI1 et VMA1 étant très bien représentées sur cet axe, celui-ci servira en premier lieu à déterminer les modalités de variables morphologiques et de contrôle jouant un rôle **limitateur de vitesse** (côté positif du facteur, donc).

Le second axe factoriel vient affiner cette première opposition simple (vitesses faibles *versus* autres vitesses) en ordonnant de façon très nette les modalités 2 à 4 des vitesses moyennes (VCIR et VMVT) : vitesses très élevées du côté négatif de l'axe (zone Sud-Ouest du plan factoriel), vitesses assez élevées en zone "centrale" de l'axe, vitesses assez faibles côté positif du facteur (zone Nord du plan factoriel) ; comme par ailleurs, les très fortes vitesses sont bien représentées sur cet axe (qui explique plus du tiers de la variance de VMV4 et presque la moitié de celle de VCI4), le deuxième facteur peut être considéré, en première approximation, comme l'axe des modalités de variables morphologiques et de contrôle **incitant à la vitesse**.

Cette double mono-polarité (en gros, opposition entre très faibles vitesses et tout le reste sur le premier axe, opposition entre très fortes vitesses et tout le reste sur le second axe) se traduit, sur le premier plan factoriel, par la présence

324 Si nous laissons de côté la variable VMIN, c'est que, comme cela a été signalé au paragraphe 5.3.1. , cette variable est vraisemblablement peu pertinente.

Trajectoires des modalités des vitesses dans le premier plan factoriel

[illegible]

de trois sous-ensembles (ou pôles) de modalités de vitesses (cf. figure 45, zones délimitées en pointillés) : un pôle à l'extrême-Est (**pôle des très faibles vitesses**) ; un pôle dans le quart Sud-Ouest du plan (**pôle des très fortes vitesses**) ; un pôle regroupant les modalités "moyennes" des vitesses (plus exactement les vitesses "assez faibles" et "assez fortes", i.e. modalités 2 et 3) dans la partie Nord-Ouest (**pôle des vitesses moyennes**).

Plutôt que d'interpréter les influences des variables morphologiques facteur par facteur, il est plus intéressant de travailler directement dans ce plan factoriel, d'autant plus que - pour les vitesses élevées notamment - c'est surtout la combinaison des deux premiers axes qui est intéressante : les cumuls des COR pour les modalités VMV4, VCI4 et VMA4 sont en effet respectivement de 642 ‰ (presque les deux tiers), 760 ‰ (plus des trois-quarts !) et 503 ‰ (plus de la moitié). La bonne qualité de représentation des modalités "fortes" et des modalités "faibles" dans le premier plan factoriel³²⁵ fait de ce dernier le plan de projection privilégié pour étudier les vitesses extrêmes ; par ailleurs, elle conforte le bien-fondé d'une démarche limitée essentiellement à l'étude du premier plan factoriel, les vitesses élevées et les vitesses faibles étant bien entendu les plus intéressantes à interpréter en premier lieu ("Qu'est-ce qui incite à circuler très vite ? Qu'est-ce qui incite à circuler très lentement ?").

Le dernier point que nous soulignons, à propos de l'interprétation du premier plan factoriel par les vitesses, concerne la forte ressemblance des trajectoires des deux vitesses moyennes (figure 45) : celle qui intègre les véhicules à l'arrêt en fin de tronçon, et celle qui n'en tient pas compte (cf. chapitre 5). Du fait de cette similarité, nous pouvons raisonner, *en première approximation*, indistinctement sur l'une ou sur l'autre de ces vitesses.

8.2.3.- Interprétation par les autres variables : démarche suivie

La **figure 46** représente la projection du nuage des modalités de variables morphologiques et de contrôle (les modalités des vitesses ne sont pas figurées pour ne pas alourdir une image déjà suffisamment surchargée).

³²⁵ On notera d'ailleurs que toutes les modalités de la variable VMIN (dont nous ne tenons pas compte dans l'interprétation des résultats) - VMI1, VMI2 et VMI3 - sont elles aussi bien représentées dans ce plan, et ordonnées sur le deuxième facteur.

Conformément aux règles d'interprétation d'une analyse des correspondances, nous utilisons conjointement cette sortie graphique et les tableaux des CTR, contributions relatives de chaque modalité à l'inertie du nuage projetée sur les deux premiers facteurs (annexe 21). C'est sur la base des valeurs de ces CTR que nous opérons une distinction entre variables explicatives "de premier ordre", dont une modalité au moins contribue "très fortement" à l'inertie de la projection planaire du nuage de points (nous prenons pour valeur limite un CTR - sur l'un des deux axes au moins du premier plan factoriel - supérieur à **3 fois** la contribution relative moyenne théorique ; cf. annexe 17), et variables explicatives "de second ordre" - celles dont une modalité au moins contribue de façon "significative" (CTR compris entre **1,5 et 3 fois** la contribution relative moyenne théorique) à l'inertie de la projection sur l'un au moins des deux premiers facteurs.

8.3. - Variables explicatives

Cette section est une énumération des différentes variables contribuant significativement à la variance de l'un ou l'autre des deux premiers axes factoriels. Pour chacune de ces variables, nous proposons quelques éléments d'interprétation, devant être confirmés ou infirmés ultérieurement.

8.3.1. - Variables explicatives "de premier ordre"

Il s'agit, on l'a vu, de variables dont une modalité au moins contribue très fortement (plus de trois fois la valeur du CTR moyen) à l'inertie du nuage projetée sur l'un au moins des deux premiers facteurs (celles des modalités présentant cette caractéristique sont indiquées entre parenthèses). Les variables sont présentées par ordre alphabétique.

Type d'achèvement du tronçon (ACH2, ACH3)

On constate une très forte opposition entre tronçons s'achevant par un croisement avec un autre tronçon d'échelle 0 (ACH3, modalité totalement

expliquée par le premier facteur, comme le montre la valeur du COR) du côté des vitesses très faibles, et les deux autres types d'achèvement (ACH1 : croisement avec un axe de rabattement et ACH2 : tronçon débouchant sur une place). Plus qu'un "effet de frein" de la modalité ACH3, il s'agit, à notre avis, de la conséquence de liens entre variables morphologiques : par définition, les tronçons "barreaux d'échelle" (desserte ultra-locale), caractérisés, entre autres, par des vitesses très faibles (modalité 1 des variables de vitesse), se terminent par un croisement avec un autre tronçon d'échelle 0. La présence de la modalité ACH3 dans la partie Est du premier plan factoriel ne serait-elle pas due au fait que cette zone correspond (mais cela reste à vérifier) justement à ces tronçons "barreaux-d'échelle" ?

Par ailleurs, la position dans la partie Sud-Ouest du plan factoriel de la modalité ACH2 pourrait indiquer un "effet accélérateur" de l'achèvement d'un tronçon sur une place.

Concentrations de trafic faibles et très fortes (CVO1, CVO4, C101, C102)

Pour commencer, on pourra noter que les contributions relatives des différentes modalités des concentrations à l'inertie du nuage sont du même ordre de grandeur que les contributions d'autres variables : avec l'élimination des tronçons caractérisés par la modalité CVO5, la variable "concentration de trafic" est bien devenue "une variable comme une autre" (nous l'avons déjà signalé plus haut).

La seconde remarque d'ordre général est que dans la projection sur le premier plan factoriel (dans lequel les concentrations sont très bien représentées ; cf. en annexe 21 les valeurs des COR), les trajectoires des trois variables de concentrations C100, CVOI et CLAR sont semblables : nous raisonnons donc sur les trois à la fois.

Si l'on examine ces trajectoires, on constate une *double* classification des modalités - une sur le premier facteur, une sur le second facteur :

Sur le premier facteur, les concentrations sont ordonnées *de la même manière* (dans le même ordre) que les modalités des vitesses, ce qui semble prouver qu'après avoir éliminé les concentrations de trafic élevées (CVO5), l'effet ralentisseur de la concentration du trafic sur la vitesse a été éliminé (du moins en première approximation - sur le premier axe factoriel).

Sur le deuxième facteur, les modalités des concentrations de trafic s'ordonnent également, mais à *l'inverse* des modalités de vitesses : en d'autres termes, on retrouve sur ce second axe factoriel une apparition (on pourrait dire "timide", au vu des faibles valeurs des CTR) de l'effet de frein bien connu que peut avoir la concentration sur la vitesse. Notons d'ailleurs qu'il s'agit plus d'une *opposition* que d'une véritable "classification" : le deuxième facteur oppose les concentrations "assez fortes" et "très fortes"³²⁶ (modalités 3 et 4) du côté positif aux concentrations "très faibles" et "assez faibles" (modalités 1 et 2) du côté négatif. Il semble donc y avoir une valeur seuil aux alentours de **1 véhicule tous les 200 mètres** (1 véhicule tous les 650 m² pour la variable CLAR)³²⁷ en deçà de laquelle il est vraisemblable que l'automobiliste se considère comme "totalement libre" (vis-à-vis des autres véhicules), et au delà de laquelle la présence d'autres véhicules commence à jouer un rôle ralentisseur.

Densité nulle de diminutions de hauteur des façades côté gauche (DHG0)

Pour les deux variables (DDHD et DDHG, relatives respectivement à la paroi droite et à la paroi gauche du tronçon), on observe une opposition forte entre modalités nulles du côté positif du premier facteur, toutes les autres modalités (relativement groupées, mais sans être ordonnées ni sur le premier, ni sur le second facteur) du côté négatif. Cependant, cette opposition n'est sans doute qu'une conséquence d'un lien "structurel" (lié au codage des données et aux liens probables entre certaines variables morphologiques) dans la mesure où le côté positif du premier facteur est - on le verra - aussi celui des très faibles longueurs : un tronçon très court, bordé par une parcelle unique d'un côté comme de l'autre, ne peut que présenter des densités nulles de diminutions significatives de hauteur de façade, dans la mesure où la hauteur du bâti sur une même parcelle est souvent homogène.

Pour les autres modalités, le "désordre" (plus exactement la dispersion) des hauteurs du bâti bordant le tronçon semble, quant à lui, n'avoir aucun effet sur les vitesses.

326 Toutes les concentrations de trafic dans notre échantillon "épuré" étant inférieures à 2 véhicules / 100 m de voie (soit en moyenne un véhicule tous les 50 m de voie), par "concentration très forte" nous entendons concentration très forte *pour un tronçon d'échelle 0*.

327 en moyenne, évidemment, c'est-à-dire dans l'hypothèse d'une répartition régulière des véhicules sur le tronçon.

Densité faible d'élargissements optiques côté gauche (EOG1)

Les différentes modalités des deux variables (DEOD et DEOG, relatives respectivement au côté droit et au côté gauche du tronçon) s'organisent de façon analogue dans leur projection sur le premier plan factoriel, plus précisément sur le second facteur : dans un cas comme dans l'autre, on constate une opposition entre valeurs faibles (modalités 1 et 2) du côté négatif de l'axe (vitesses élevées), et valeurs moyennes et élevées (modalités 3, 4 et 5) du côté positif (correspondant aux vitesses plutôt faibles). L'élargissement optique jouerait-il un rôle de "frein" au delà d'une valeur seuil (aux alentours de 15 %, signifiant que le tronçon est "significativement élargi optiquement" sur 15 % de sa longueur totale) ?...

Il est par ailleurs intéressant de noter que globalement, les CTR des modalités de densité d'élargissements optiques sont plus élevées pour la variable DEOG (côté gauche) que pour la variable DEOD (côté droit) ; qu'est-ce à dire ? Pourquoi les deux parois latérales du tronçon ne joueraient-elles pas un rôle identique ? L'interprétation que nous proposons est la suivante : un véhicule roule en général du côté droit d'un tronçon ; de ce fait la paroi gauche du tronçon apparaît moins déformée à l'automobiliste (par l'effet de perspective) que la paroi droite ; ainsi, les différents éléments qui composent la paroi gauche sont plus "présents" dans la scène visuelle que ceux composant la paroi droite ; cet "**effet de perspective**" est sans doute renforcé par la position du conducteur (siège de gauche), qui offre à ce dernier une bien meilleure vue côté gauche que côté droit (il pourrait être intéressant de vérifier cette interprétation du rôle prépondérant du côté gauche dans la scène visuelle en menant une étude analogue dans une ville anglaise... où l'on devrait logiquement arriver à la conclusion inverse). Cette interprétation devra évidemment être confirmée par l'étude d'autres variables décrivant les parois latérales du tronçon.

Densité de goulots d'étranglement à gauche (GEG1)

La seule modalité (parmi celles des variables *densité de goulots d'étranglement*, DGED et DGEG) contribuant fortement à l'inertie projetée sur le premier plan factoriel est GEG1 (plus précisément, sur le second facteur) - celle correspondant à la "présence" (opposée à "l'absence", GEG0) de véhicules stationnant en double file du côté gauche du tronçon. Cela semble paradoxal, dans la mesure où l'on

aurait pu s'attendre à ce que ce soient les goulots d'étranglement situés du côté droit qui jouent avant tout un rôle "ralentisseur" par la gêne qu'ils occasionnent. Est-ce "l'effet de perspective" décrit précédemment (effet avant tout visuel des goulots d'étranglement, donc rôle primordial du côté gauche du tronçon) ? En revanche, il est assez normal que l'opposition "tronçons avec stationnement en double file" *versus* "tronçons sans stationnement en double file" concerne avant tout le deuxième axe factoriel (le premier opposant vraisemblablement les tronçons de desserte ultra-locale - côté Est - à tous les autres) : les tronçons caractérisés par des vitesses fortes le sont également par l'absence de stationnement en double file, ceux caractérisés par des vitesses plutôt faibles (mais pas très faibles) comportent "souvent" ce type de "goulots d'étranglement" (aussi bien côté droit que côté gauche).

Densité élevée de trafic côté gauche (DVC2)

L'ordonnancement des modalités de la variable DVCG (concentration de trafic sur le "tronçon jumeau" de sens opposé - lorsque celui-ci existe, i.e. lorsque le tronçon est issu d'une rue à double sens de circulation) rappelle très fortement celui des modalités des différentes variables de concentration de trafic (q.v.) : double classification, l'une sur le facteur 1, l'autre sur le facteur 2, dont la seconde mettrait en évidence un effet de seuil (situé aux alentours d'une concentration moyenne "en sens inverse" de l'ordre d'un véhicule tous les 60 mètres), en deçà duquel un automobiliste considérerait les véhicules venant en sens inverse comme trop peu nombreux pour représenter un risque potentiel suffisant (ou suffisamment constant) pour l'amener à réduire significativement sa vitesse, mais au delà duquel cet "effet ralentisseur" deviendrait statistiquement perceptible.

Densité de vitrines (DVL0, DVL2, DVL4, VLG0, VLG4)

Un nombre important de modalités des deux variables DVLD et DVLG (densités de vitrines, respectivement côté droit et côté gauche du tronçon) contribue très fortement à l'inertie projetée sur l'un ou l'autre des deux premiers axes factoriels. Par ailleurs, presque toutes les modalités de ces variables peuvent être considérées comme "totalement expliquées" par le premier plan factoriel (cf. les valeurs des COR de ces modalités dans l'annexe 21). Enfin, la

trajectoire des deux variables dans le premier plan factoriel ressemble beaucoup à celles des vitesses moyennes (VMVT et VCIR) mais en "sens inverse". Tout cela suggère que la densité de vitrines joue un rôle de "ralentisseur" très significatif, que d'une certaine manière, il y a "proportionnalité inverse" entre la valeur de cette dernière et la vitesse.

On notera que là encore, les valeurs des CTR sont globalement plus élevées pour les modalités relatives au côté gauche que pour celles caractérisant le côté droit ; confirmation de l'effet de perspective ?

Densité nulle de portes cochères, côté gauche (PCG0)

En première approximation, on constate une très nette opposition entre densité de portes cochères nulle (côté positif du premier facteur) et autres modalités de densité. Ce constat, *a priori* paradoxal (on pourrait en effet penser que la présence de portes cochères aurait un effet de frein), peut vraisemblablement s'interpréter par la superposition de deux phénomènes : l'absence de portes cochères dans la voirie ultra-locale (confirmation supplémentaire de notre hypothèse concernant la partie Est du premier plan factoriel), et absence de portes cochères dans les tronçons présentant une forte densité de vitrines³²⁸. Une étude plus détaillée de certaines autres modalités - mais uniquement de celles relatives au côté gauche du tronçon - fait cependant apparaître ce qui pourrait être un effet de frein de la densité des portes cochères au delà d'une valeur seuil située aux alentours d'une moyenne de **une porte cochère par 100 mètres de tronçon** : en effet, les modalités PCG2, PCG3 et PCG4 sont ordonnées à l'inverse des modalités de vitesses moyennes sur le second facteur. Ce résultat est intéressant ; ainsi, non seulement il y aurait une influence (bien qu'apparemment faible) de la densité de portes cochères, et ce malgré la vraisemblable "proportionnalité inverse" entre densité de vitrines et densité de portes cochères (là où il y a des vitrines, il ne reste plus de place pour les portes cochères ; dans ces conditions, il est difficile de mesurer l'influence de la densité de ces dernières), mais de plus, cette influence serait limitée au seul côté gauche du tronçon, ce qui est plutôt surprenant : certes, les portes cochères côté gauche sont, selon notre hypothèse "d'effet de perspective" (q.v.), plus "présentes" dans

328 C'est un point que nous avons déjà évoqué dans le cadre de l'élaboration de notre typologie de tronçons d'échelle 0 : dans une rue commerciale, les façades sont utilisées au maximum par les vitrines, ne laissant plus de place pour les portes cochères.

la scène visuelle perçue par l'automobiliste, et pourraient de ce fait jouer un rôle plus important ; mais d'un autre côté, on pourrait penser que le sentiment de risque (lié à la possibilité de voir surgir un véhicule d'une porte cochère) ressenti par l'automobiliste serait plus prégnant pour le côté droit que pour le côté gauche.

Etendue très faible des largeurs de parcelles, côté gauche du tronçon (LPG1)

On note en premier lieu une forte opposition entre les très faibles étendues de largeurs de parcelles du côté positif du premier facteur (très faibles vitesses), et toutes les autres modalités de cette variable du côté négatif. Cette opposition est valable également pour les étendues des largeurs côté droit du tronçon, mais de façon moins marquée (valeur du CTR plus faible). Notre interprétation de cette opposition est qu'il s'agit d'une conséquence d'un lien "structurel" (plus exactement : lié au codage des données) entre les modalités ELP1 et LPG1 d'un côté, longueurs de tronçon très faibles de l'autre (le côté positif du premier facteur est également celui - on le verra - des longueurs très faibles) : un tronçon suffisamment court pour être bordé par une parcelle unique d'un côté comme de l'autre ne peut présenter que des "étendues de largeurs de parcelles" nulles. On note par ailleurs qu'à partir d'un seuil correspondant *grosso modo* à une étendue de largeurs de l'ordre de 50 % (LPG2), les différentes modalités de la variable ELPG sont classées (sur le facteur 1) de façon *inverse* au classement des vitesses ; est-ce à dire qu'à partir de ce seuil, le "désordre" (plus exactement : la dispersion) des largeurs de parcelles (i.e. du "rythme longitudinal" du tronçon) a un effet ralentisseur ? Le fait que l'on ne retrouve pas ce dernier pour les étendues de largeurs de parcelles côté droit (variable ELPD) peut vraisemblablement être interprété par l'hypothèse "d'effet de perspective" évoquée plus haut.

Epoque de percement du tronçon (HIS2, HIS3)

Le premier axe factoriel oppose les tronçons percés après Haussmann (HIS3) du côté positif, aux tronçons haussmanniens (HIS2) côté négatif. Dans la mesure où l'on sait³²⁹ que l'ensemble du réseau viaire "structurant" parisien a été achevé

329 ROULEAU, B. -*Le tracé des rues de Paris*, op. cit.

sous Haussmann, cette opposition tendrait à confirmer que la moitié Est du premier plan factoriel correspond bien principalement aux tronçons "barreaux d'échelle". Par ailleurs, il est intéressant de noter que seule la modalité HIS2 contribue fortement à l'inertie du nuage projeté sur premier facteur : ce seraient donc avant tout les tronçons haussmanniens (et non pré-haussmanniens) qui feraient la différence entre tronçons où l'on circule "très lentement" et ceux où l'on circule "mieux" (toutes modalités de vitesses à partir de la seconde confondues).

Présence d'un signal lumineux en fin de tronçon (FEU1)

On note en premier lieu une contribution forte de la modalité "présence d'un signal lumineux en fin de tronçon" (FEU1) à l'inertie projetée sur le premier facteur (côté négatif)... qui oppose cette modalité à FEU0 (absence de signal lumineux) située du côté positif, correspondant très vraisemblablement - on l'a vu - aux tronçons de desserte "ultra-locale" : statistiquement, ces derniers seraient donc moins souvent équipés de feux que les autres tronçons (ce qui est une banalité). En revanche, il est intéressant de constater que sur le second facteur (où les valeurs des CTR des deux modalités sont significatives³³⁰), FEU1 est située du côté des vitesses plutôt faibles, FEU0 du côté des vitesses élevées. La présence d'un signal lumineux aurait donc un rôle de "frein".

Largeur très importante de la chaussée (LAC4)

On observe une forte contribution de la modalité des largeurs très importantes à l'inertie projetée sur le deuxième facteur (les autres modalités ne contribuent absolument pas à l'inertie projetée sur le premier plan factoriel). Nous ne pouvons pour l'instant proposer aucune interprétation.

Longueurs très faibles et assez fortes (LON1, LON3)

La forte opposition sur le premier facteur (qui, on l'a vu, opère essentiellement la distinction entre les très faibles vitesses à toutes les autres) entre LON1 et LON3 peut en fait être étendue aux autres modalités de cette variable : les

³³⁰ On notera aussi au passage, sur les valeurs des COR (annexe 19), que la variable FEUX est totalement expliquée par le premier plan factoriel.

longueurs très faibles et assez faibles (*grosso modo*, longueurs inférieures à 200 mètres : cf. annexe 20) sont ainsi regroupées du côté des vitesses très faibles ; les longueurs assez élevées et très élevées sont situées dans la partie Ouest du plan factoriel - celui des "autres vitesses". Nous interprétons cet "effet de seuil" comme un rôle limitateur lié aux caractéristiques mécaniques des automobiles qui n'accélèrent ni ne décélèrent instantanément : par définition, la longueur du tronçon est la distance entre deux points-à-risque successifs, points où l'automobiliste est en principe amené à réduire très significativement la vitesse du véhicule ; pour des longueurs relativement faibles (apparemment, de l'ordre de 200 mètres ou moins), la part des phases d'accélération et de décélération est suffisamment importante comparativement à la phase de palier (vitesse de croisière sur le tronçon) pour faire baisser significativement la vitesse moyenne de parcours global, d'un bout à l'autre du tronçon.

Largeurs moyennes de parcelles élevées, côté gauche (MPG3, MPG4)

On remarque pour commencer que seules les largeurs moyennes de parcelles de la paroi *gauche* du tronçon contribuent significativement à l'inertie du nuage sur les deux premiers facteurs : ce point constitue une confirmation supplémentaire de "l'effet de perspective" évoqué plus haut. Ensuite, on observe un réel effet de seuil entre la modalité MPG4, correspondant aux largeurs de parcelles très élevées (plage de valeurs large - 31 à 150 m - avec un maximum aux alentours de 55 mètres), et les autres modalités, et ce, sur les *deux* facteurs. Compte tenu du sens que nous donnons à cette variable (la largeur des parcelles bordant le tronçon "donne un rythme", longitudinalement, à ce dernier), cette opposition est compréhensible : on peut penser en effet qu'au delà d'une certaine taille (parcelles très larges), on ne peut plus vraiment parler de rythme, de "striage" du tronçon... ou alors en changeant de niveau de détail (rythme donné par la modénature de façade, mais c'est là un aspect que nous avons laissé de côté ; cf. chapitre 3). Mais on constate par ailleurs qu'en deçà de la cinquantaine de mètres (valeur au delà de laquelle la notion de rythme longitudinal n'aurait plus de sens, donc), les autres modalités de la variable LMPG sont ordonnées - là encore sur les *deux* facteurs - de façon analogue aux vitesses : autrement dit, les parcelles larges favoriseraient les vitesses élevées, les parcelles étroites auraient l'effet inverse. Ce résultat (devant être vérifié sur les tris croisés) est intéressant, car il confirme notre hypothèse de l'effet de rythme :

pour une même vitesse pratiquée, un "striage" serré donnerait une impression de vitesse, donc inciterait à ralentir.

8.3.2. - Variables explicatives "de second ordre"

Rappelons qu'il s'agit des variables dont une modalité au moins contribue de façon "significative" (contribution relative comprise entre 1,5 et 3 fois le CTR moyen) à l'inertie du nuage projetée sur l'un au moins des deux premiers facteurs.

Densités nulle et faible de croisements de tous types (DCT0, DCT1)

L'opposition entre densité de croisements nulle du côté positif du premier facteur, toutes les autres modalités du côté négatif, peut sans doute être interprétée par un lien entre tronçons très courts ("barreaux d'échelle") et absence de croisements. En revanche, il est intéressant de constater que les modalités non nulles sont classées - et ce aussi bien sur le premier que sur le second facteur - de façon inverse aux modalités de vitesses moyennes : apparemment, la densité de croisements (variable DCTT) aurait un "effet ralentisseur" significatif. On retrouve ce même effet pour les deux autres variables relatives aux croisements (DTTD et DTGD, respectivement densité de tronçons de tous types débouchant par la droite, et densité de tronçons orientés droite-gauche débouchant par la droite), mais de façon bien moins marquée (valeurs des CTR moins élevées). Est-ce à dire que c'est avant tout la présence de nombreux *croisements quels qu'ils soient* (et non pas uniquement de voies débouchant par la droite, comme on serait tenté de le penser) qui est perçue par l'automobiliste comme élément de risque ?

Densités élevées d'élargissements entre façades (DEF2, EFG2)

Les densités élevées d'augmentation "significative" (cf. chapitre 5) de la largeur entre façades contribuent à l'inertie projetée sur le premier plan factoriel, et ce du côté des vitesses plutôt élevées. Une densité suffisante d'élargissements aurait-elle un effet "accélérateur" ?...

Présence de passages cloutés ou zébrés (DEP1)

La contribution très significative de la modalité DEP1 à l'inertie projetée sur le premier facteur (côté négatif) n'est pas surprenante dans la mesure où l'on considère maintenant comme acquis que le côté positif de cet axe correspond aux tronçons de desserte "ultra-locale", sur lesquels la présence de passages cloutés serait inutile ; comme par ailleurs ce premier facteur explique plus des deux-tiers de la variance de cette variable, on peut supposer qu'il n'y a pas d'effet perceptible de la présence de passages cloutés sur la vitesse.

Fond de perspective en T (FON2)

Le premier axe factoriel oppose les fonds de perspective en T (donc "bouchés"), du côté positif, aux deux autres types de fond de perspective (bien qu'aucun d'entre eux ne contribue de façon significative à l'inertie projetée sur ce premier facteur), côté négatif. Dans la mesure où un fond de perspective en T est, par définition, l'apanage des tronçons "barreaux d'échelle", ce résultat (qui est à rapprocher de l'étude des modalités de la variable ACHT, q.v.) n'est pas surprenant, et constitue une confirmation supplémentaire du fait que la partie Est du premier plan factoriel est celui des tronçons ultra-locaux.

Largeur de façade à façade très importante (LAR4)

Le même constat que pour la largeur totale de la chaussée (variable LACT, q.v.) peut être fait, à savoir une contribution significative de la modalité des largeurs très importantes à l'inertie projetée sur le deuxième facteur ; là non plus, les autres modalités ne contribuent pas à l'inertie projetée sur le premier plan factoriel.

Orientation Sud-Est (ORI2)

La modalité ORI2 est la seule qui contribue significativement à l'inertie projetée sur le premier plan factoriel, tout en étant située du côté des vitesses les plus élevées : y aurait-il un effet accélérateur de cette orientation ? On notera que cette dernière correspond à une plage d'azimuts compris entre 90° et 180°, mais qu'en fait (cf. les diagrammes correspondant à la variable ORIT, planche 12

de l'annexe 20), la très grande majorité (environ les trois-quarts) des azimuts des tronçons caractérisés par cette modalité ORI2 sont compris entre 100° et 135°, soit une orientation approximative Sud-Est (dans le sens de la marche). Qu'a donc de particulier cette orientation ?...

Nombre de sens de circulation (SEN2)

La modalité SEN2 (tronçons à double sens de circulation) contribue - de façon "significative" mais néanmoins assez faible - à l'inertie projetée sur le premier facteur, du côté négatif ; il s'agit donc vraisemblablement de la traduction d'une banalité, à savoir que les tronçons de desserte "ultra-locale" (côté positif de cet axe) sont statistiquement "plus souvent à sens unique" que les autres tronçons.

Présence "d'items spéciaux" sur le tronçon (SPE1)

La contribution de la modalité SPE1 à l'inertie projetée sur le premier facteur (côté négatif) n'est pas surprenante : l'absence sur les tronçons "barreaux d'échelle" de sorties de parkings, garages, stations-services, etc. est plutôt normale. Une incursion rapide sur le troisième facteur montre que la modalité SPE1 serait située plutôt du côté des vitesses "très élevées" : comme il semble peu probable que la présence de tels équipements "incite à la vitesse" (intuitivement, ça serait plutôt l'inverse), est-ce à dire que les "items spéciaux" sont situés préférentiellement sur des tronçons bien adaptés à la circulation automobile et "conçus pour la vitesse" (cela correspondrait sans doute aux tronçons "express transcendants" de notre typologie) ?

Nombre assez élevé et très élevé de voies utiles (VOI3, VOI4)

En premier lieu, on note une opposition très significative, sur le facteur 2, entre un nombre de voies utiles "assez élevé" (VOI3) du côté des vitesses importantes (côté négatif de l'axe) et un nombre de voies utiles "très élevé" (VOI4) côté positif (vitesses assez faibles). Pour comprendre cette opposition, il faut évidemment revenir à la signification de ces deux modalités de la variable VOIN : si l'on se réfère à l'annexe 20, on constate que VOI3 regroupe des valeurs de l'ordre de **une fois et demie** la valeur d'une "voie standard" (que nous avons fixé à 2,30 m ; c'est "l'unité de passage" adaptée à la taille de l'automobile) ;

autrement dit, cette modalité correspond aux tronçons offrant une largeur de voie utile manifestement trop étroite pour accueillir deux files de véhicules circulant de front, mais d'une largeur très confortable (comprise entre 3 et 3,5 mètres : cela correspond à une voie sur autoroute³³¹) pour une file unique ; il est assez normal qu'un tel "*surdimensionnement*" par rapport à l'unité de passage courante sur ce type de voirie favorise la vitesse.

De son côté, la modalité VOI4 regroupe des largeurs comprises entre 1,6 et 2,5 fois l'unité de passage standard ; mais si l'on se réfère à l'histogramme correspondant de l'annexe 20, on constate que la grande majorité des tronçons caractérisés par cette modalité présente en fait des largeurs comprises entre **1,6 et 2 fois** la largeur de voie utile "normale" ; en d'autres termes, il s'agit vraisemblablement de tronçons comportant deux unités de passage utiles légèrement *sous-dimensionnées* : 0,8 unité de passage (1,6 / 2) correspond à une largeur d'environ 1,90 m... suffisante - mais à peine - pour des véhicules dont la largeur "standard" est supposée être de 1,70 m (cf. chapitre 5) ; il est normal qu'une largeur utile par voie aussi étriquée ne favorise guère la vitesse.

Par ailleurs, si l'on s'intéresse à l'ensemble des modalités de la variable VOIN, on remarque que sur le facteur 2, les trois premières sont ordonnées de la même manière que les vitesses : cela suggère une possible "proportionnalité" entre vitesse et largeur utile.

331 Cf. COURAUD, R. - "Rétrécissement de chaussée et ralentissement", art. cit.

CHAPITRE 9 - SYNTHESE : ROLE DE LA MORPHOLOGIE

Introduction

Nous venons de lister les variables morphologiques et de contrôle (plus exactement, certaines de leurs modalités) contribuant "très fortement" (variables explicatives de premier ordre) ou "significativement" (variables explicatives de second ordre) à l'inertie projetée sur le premier plan factoriel : ces variables *pourraient* donc avoir une influence sur les vitesses pratiquées (effet de frein ou effet accélérateur, suivant le cas).

Nous nous proposons maintenant de passer de cette première approximation qu'est la projection planaire du nuage multidimensionnel à une validation de ces influences supposées. En d'autres termes, il s'agit de consolider les quelques hypothèses explicatives proposées au chapitre précédent par le recours aux tris croisés (l'ensemble des tableaux croisant chacune des variables "expliquées" - les vitesses - avec chacune des variables "explicatives" ; cf. annexe 22).

Pour rendre cette opération plus aisée, nous avons extrait du tableau complet les seuls tris croisés correspondant aux variables *a priori* significatives, et complété ces "mini-tableaux" par des diagrammes de répartition des effectifs entre les différentes cases de ces derniers. En principe, on aurait pu construire aussi bien des *diagrammes des colonnes* (répartition des effectifs dans les cases d'une colonne, i.e. au sein d'une même modalité de vitesse) que des *diagrammes des lignes* (répartition des effectifs dans les cases d'une ligne, i.e. des différentes modalités de vitesse pour une modalité d'une variable explicative donnée) ; le problème est que ces diagrammes sont très facilement interprétables "visuellement" uniquement lorsque la répartition entre modalités est homogène : par exemple, il est clair qu'un effectif de 10 tronçons au croisement entre deux modalités comptant chacune 15 tronçons en tout est bien plus significatif (sur-représentation très forte par rapport à la situation d'indépendance) que ce même effectif à un croisement entre deux modalités contenant chacune 40 tronçons.

De ce fait, nous interprétons - sauf exception - uniquement les *diagrammes des lignes* (les seuls que nous construisons, donc), croisant une variable explicative

avec la variable **VMVT** (vitesse moyenne des véhicules en mouvement), cette dernière présentant une équipartition des effectifs presque parfaite (ses quatre modalités comptent respectivement 25, 27, 27 et 24 tronçons - pour un total de 103 ; cf. la marge haute du tableau correspondant à VMVT en annexe 22). L'interprétation de la variable VMVT seule suffit, dans la mesure où les trajectoires des vitesses (VMVT et VCIR, ainsi que, de façon moins évidente, VMAX) projetées sur le premier plan factoriel sont voisines, ou tout au moins, se regroupent (c'est ce que nous avons vu précédemment à la figure 45) par modalités : vitesses "faibles", vitesses "moyennes", vitesses "élevées"³³².

Mais cette consolidation d'hypothèses suggérées précédemment n'est pas le seul objet de ce chapitre de synthèse, dans lequel nous nous efforçons également de classer les différentes variables selon leur appartenance (n'oublions pas que toutes ne sont pas à proprement parler "morphologiques") et d'apprécier - du moins qualitativement - leurs "poids" respectifs.

9.1.- Influence "structurelle" et de codage

Nous commençons par les variables contribuant fortement à l'inertie du nuage, mais dont le "poids" correspond - selon notre interprétation du premier plan factoriel - à une "évidence" ou à une conséquence du codage des données et de liens statistiques entre variables morphologiques.




En général, il s'agit de modalités nulles ou très faibles d'une variable, opposées à toutes les autres modalités de cette dernière ; nous nous proposons de vérifier ces oppositions sur les tableaux croisés, plus exactement sur les diagrammes à barres des lignes, que, pour une meilleure lisibilité, nous avons construits de telle sorte que l'échelle des ordonnées soit toujours adaptée à l'effectif le plus élevé de la ligne (la barre la plus importante, qui occupe donc toute la hauteur du diagramme *quelle que soit* la valeur proprement dite de

³³² Quant à VMIN, nous avons déjà signalé que cette variable n'a été calculée qu'à titre anecdotique et qu'elle était vraisemblablement peu pertinente car correspondant à l'observation d'un véhicule unique, qui plus est le véhicule le plus lent, quelle qu'en soit la raison (ce qui rend évidemment l'interprétation extrêmement délicate, bien plus que celle de VMAX).

l'effectif) : dans ces conditions, la comparaison "visuelle" entre différents diagrammes à barres en termes de valeurs *absolues* d'effectifs est évidemment impossible³³³.





Notons enfin que certaines des variables présentées ici sont reprises dans les sections suivantes : il s'agit de celles qui, par delà un "effet de codage", semblent *également* jouer un rôle structurant de la vitesse.

- ACH3 (achèvement par un croisement avec un autre tronçon d'échelle 0) :

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
ACH1	8	17	9	15	49	
ACH2	2	2	9	7	20	
ACH3	15	8	9	2	34	
	25	27	27	24		

L'examen des diagrammes des lignes montre une sur-représentation très marquée ("pic") en effectifs dans la case croisant VMV1 (vitesses les plus faibles) avec ACH3 - nous désignerons cette case (VMV1 ; ACH3) - mais également une sous-représentation ("creux") très nette dans la case (VMV4 ; ACH3). Le résultat suggéré précédemment par l'étude de la projection du nuage dans le premier plan factoriel est donc confirmé de façon flagrante.

- DDH0 et DHG0 (densité nulle de diminution de hauteur des façades, côté droit et gauche) : les deux figures ci-après confirment la sur-représentation significative d'effectifs dans les cases (VMV1 ; DDH0) et (VMV1 ; DHG0).

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
DDH0	13	6	9	5	33	
DDH1	5	10	6	9	30	
DDH2	4	6	6	5	21	
DDH3	3	5	6	5	19	
	25	27	27	24		

333 Pour comparer les effectifs entre diagrammes, il faut se référer aux nombres contenus dans les cases du tableau ; mais une telle comparaison serait sans objet : ce qui nous intéresse, c'est bien la *structure* des répartitions par cases au sein d'un *même* diagramme.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
DHG0	15	6	9	4	34	
DHG1	4	12	8	7	31	
DHG2	3	6	4	7	20	
DHG3	3	3	6	6	18	
	25	27	27	24		

- ELP1 et LPG1 (dispersion faible au niveau des largeurs des parcelles bordant le tronçon) :

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
ELP1	7	3	2	2	14	
ELP2	2	5	4	5	16	
ELP3	5	6	2	9	22	
ELP4	10	7	11	3	31	
ELP5	1	6	8	5	20	
	25	27	27	24		

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
LPG1	8	2	0	1	11	
LPG2	5	5	3	4	17	
LPG3	4	8	11	8	31	
LPG4	4	7	7	7	25	
LPG5	4	5	6	4	19	
	25	27	27	24		





Ces deux figures confirment la présence de pics très fortement marqués (c'est-à-dire de sur-représentation) dans les cases (VMV1 ; ELP1) et (VMV1 ; LPG1).

- HIS3 (date de percement postérieure à Haussmann) : la case (VMV1 ; HIS3) présente bien un pic (figure ci-après).

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
HIS1	11	13	15	13	52	
HIS2	3	7	7	8	25	
HIS3	11	7	5	3	26	
	25	27	27	24		





Notons aussi l'équipartition presque parfaite de la ligne du tableau correspondant à HIS1 (tronçons percés avant Haussmann) : cette situation d'indépendance tendrait à confirmer que le réseau préexistant à Haussmann était "équilibré", comportant tous les types de tronçons (toutes les plages de vitesses) ; dans le même ordre d'idées, la seconde ligne du tableau (sur-représentation pour les modalités VMV2, VMV3 et surtout VMV4) confirme que Haussmann a fait percer surtout des voies adaptées aux vitesses plutôt élevées ou très élevées (réseau "structurant") et que ce réseau a été complété par la suite par des voies "barreaux d'échelle" (troisième ligne du tableau) pour retomber sur une configuration "équilibrée" d'avant Haussmann : en effet (comme on peut le constater sur la figure ci-dessus), d'une certaine manière, le diagramme correspondant à HIS3 est *complémentaire* de celui correspondant à HIS2 (la "somme" des deux donnerait approximativement un diagramme de structure semblable à celle de la ligne HIS1, c'est-à-dire à une équipartition entre classes de vitesses).

- LON1 (longueur de tronçon très faible) :



	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
LON1	11	5	2	4	22	
LON2	8	7	6	3	24	
LON3	3	6	12	10	31	
LON4	3	9	7	7	26	
	25	27	27	24		

Le lien entre longueurs très faibles et vitesses très faibles est confirmé par la sur-représentation importante dans la case (VMV1 ; LON1).

- DCT0 (absence de croisements sur le tronçon) : la figure ci-après confirme la présence d'un "pic" d'effectifs dans la case (VMV1 ; DCT0).




	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
DCT0	18	9	7	13	47	
DCT1	2	4	9	7	22	
DCT2	2	5	7	2	16	
DCT3	3	9	4	2	18	
	25	27	27	24		

- DEP1 (présence de passages cloutés) :

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
DEP0	24	19	22	16	81	
DEP1	1	8	5	8	22	
	25	27	27	24		

La case (VMV1 ; DEP1) présente un "creux" (sous-représentation) très marqué (absence de passages cloutés sur les tronçons à très faible vitesse) ; il est intéressant de noter que la ligne correspondant à DEP0 présente une répartition par cases assez proche de la situation d'indépendance (pas de "pics" ou de "creux" nets) : cela signifie simplement que l'absence de passage cloutés n'est pas l'apanage des seuls tronçons où l'on circule très lentement.

- FON2 (fond de perspective en T) :

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
FON1	6	15	10	8	39	
FON2	14	9	7	9	39	
FON3	5	3	10	7	25	
	25	27	27	24		

L'étude de la figure ci-dessus confirme une sur-représentation importante dans la case (VMV1 ; FON2), ainsi qu'une sous-représentation significative dans les cases (VMV1 ; FON1) et (VMV1 ; FON3) : l'achèvement en T est réellement l'apanage des tronçons à très faible vitesse moyenne de parcours.

La liste des modalités de variables pour lesquelles le lien (positif ou négatif) avec la modalité "vitesses très faibles" se trouve confirmée est donc :

- ACH3 : achèvement par un croisement avec un autre tronçon d'échelle 0 ;
- DDH0 : densité nulle de diminution de hauteur des façades, côté droit ;
- DHG0 : densité nulle de diminution de hauteur des façades, côté gauche ;
- ELP1 : faible dispersion de largeurs de parcelles à droite ;
- LPG1 : faible dispersion de largeurs de parcelles à gauche ;
- HIS3 : date de percement du tronçon postérieure à Haussmann ;
- LON1 : longueur très faible ;

DCT0 : absence de croisements sur le tronçon ;
DEP1 : présence de passage cloutés (mais en "négatif", donc absence) ;
FON2 : fond de perspective en T.





Cette accumulation de caractéristiques fait penser aux tronçons "barreaux d'échelle" (desserte ultra-locale) de la typologie établie au chapitre 7. L'interprétation que nous donnons du lien entre chacune de ces variables et les très faibles vitesses est la suivante : du fait des caractéristiques mécaniques des véhicules automobiles, le profil de vitesse sur un tronçon très court (i.e. : pour une faible distance entre deux points à risque successifs) se réduit à une phase d'accélération (en début de tronçon) suivie d'une phase de freinage (en fin de tronçon) : la phase de palier est inexistante. Si en plus le tronçon se termine en T, la vitesse en fin de tronçon devra être proche de zéro (on ne peut prendre un virage à angle droit qu'à très faible vitesse). C'est donc de l'association de ces **deux variables LONG et FONP** que résulteraient les très faibles vitesses caractérisant les tronçons décrits conjointement par les modalités LON1 et FON2. Le "rôle de frein" des autres modalités variables n'en serait pas un : il s'agirait simplement d'un lien "structurel" entre ces dernières et LON1, plus exactement d'une **conséquence de la dépendance réciproque de certaines variables explicatives**.

Le fait que les très faibles vitesses caractérisent avant tout des tronçons "barreaux d'échelle" n'est d'ailleurs pas un résultat trivial : la modalité VMV1 aurait pu être l'apanage de tronçons de différentes natures, où l'on circule très lentement pour des raisons diverses ; tel ne semble pas être le cas.

9.2.- Influence des variables de contrôle

La démarche adoptée ici est la même que dans la section précédente : il s'agit avant tout de confirmer, par l'étude des tableaux croisant vitesse et différentes variables que nous estimons être des variables de contrôle (non morphologiques, mais pouvant influencer sur la vitesse), les hypothèses suggérées par l'étude du premier plan factoriel.




- CVOI (C100, CLAR) : variables de concentration de trafic (nous interprétons la seule variable CVOI).

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
CVO1	6	3	2	3	14	
CVO2	9	7	6	10	32	
CVO3	6	9	9	5	29	
CVO4	4	8	10	6	28	
	25	27	27	24		

L'étude des diagrammes à barres de la figure ci-dessus confirme l'existence d'une valeur seuil située entre CVO2 et CVO3 (donc aux alentours de **1 véhicule par 200 mètres de voie**) en deçà de laquelle l'automobiliste "fait ce qui lui plaît" (dans les diagrammes correspondant aux lignes CVO1 et CVO2, on trouve aussi bien des vitesses très élevées que des vitesses très faibles), mais au delà de laquelle la sur-représentation significative dans les cases correspondant aux vitesses moyennes (VMV2 et VMV3) laisse à penser que l'**effet ralentisseur de la concentration commence à se faire sentir** (la plupart des automobilistes circulent à des vitesses moyennes). Cependant, cet "effet de frein" reste faible : n'oublions pas que les tronçons étudiés présentent des concentrations moyennes inférieures à (environ) 1 véhicule par 50 mètres de voie, correspondant à la valeur "borne inférieure" de la modalité CVO5, au delà de laquelle (on l'a vu au chapitre 8 sur le "poids" de la modalité CVO5 avant son élimination) l'effet ralentisseur de la concentration devient primordial, masquant celui des autres variables. L'existence de ces deux valeurs-seuil est un résultat intéressant, mais son interprétation en termes de "comportements individuels" est fortement tributaire de la définition de CVOI, qui est une concentration **moyenne** : ainsi, il serait faux de dire, par exemple, que c'est *forcément* la présence d'un autre véhicule à moins de 50 m devant le conducteur qui incite ce dernier à adopter une vitesse significativement moins élevée ; car il se peut aussi que ce soit la présence d'un grand nombre de véhicules concentrés à l'arrêt en fin de tronçon (et augmentant la valeur moyenne du nombre de véhicules par unité de longueur de ce dernier) qui joue ce rôle de ralentisseur, sans pour autant que les véhicules en circulation soient particulièrement "serrés" (i.e. espacés de moins de 50 mètres). Il convient donc de se méfier de conclusions hâtives à propos de "règles comportementales" : des configurations très diverses (en termes de répartition des véhicules sur le tronçon) pouvant donner des valeurs de CVOI



identiques, le passage du résultat **global** que nous proposons à un résultat **individuel** devrait faire l'objet d'une confirmation plus détaillée, fondée sur un travail prenant pour unité de base non pas le tronçon, mais le véhicule.

- DVCG : concentration de trafic sur le "tronçon jumeau" (lorsqu'il existe) de sens opposé.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
DVC0	20	18	18	18	74	
DVC1	4	4	2	5	15	
DVC2	1	5	7	1	14	
	25	27	27	24		

L'existence d'un seuil entre DVC1 et DVC2 (approximativement, 1 véhicule pour 60 mètres de tronçon... en moyenne) un peu analogue à celui observé pour la variable "concentration de trafic par voie" (CVOI) est confirmée. En deçà de ce seuil, la situation est proche de l'indépendance (équipartition approximative des effectifs dans les modalités de vitesse) ; au delà, une très nette sur-représentation au niveau des modalités centrales est constatée. Lors de notre première approche (projection sur le premier plan factoriel au chapitre 8), nous avons interprété cet effet comme une possible prise de conscience par les automobilistes (pour une densité de trafic en sens inverse importante) d'un risque potentiel suffisamment élevé pour les amener à réduire significativement leur vitesse. Cependant, on pourrait également interpréter ce résultat comme la conséquence de la dépendance réciproque de certaines variables explicatives - CVO3 et CVO4 d'un côté, DVC2 de l'autre : en effet, la typologie de tronçons esquissée au chapitre 7 a mis en évidence des "collecteurs locaux", issus de rues à double sens de circulation et caractérisés par des concentrations de trafic élevées. **L'effet de frein de la variable DVCG (au delà d'une certaine valeur) n'est donc pas évident.**

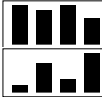
- FEUX : présence/absence d'un signal lumineux en fin de tronçon.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
FEU0	22	12	19	16	69	
FEU1	3	15	8	8	34	
	25	27	27	24		

L'étude des diagrammes à barres ci-dessus indique une (légère) sur-représentation, en termes d'effectifs, au croisement entre la modalité des très faibles vitesses et l'absence de signal lumineux en fin de tronçon, mais surtout une très nette sous-représentation dans la case (VMV1 ; FEU1). Il s'agit là de la confirmation d'une banalité : l'absence de feux est une caractéristique significative des tronçons de desserte ultra-locale (caractérisés, on l'a vu, par des vitesses très faibles).

En revanche, la sur-représentation très nette dans la case (VMV2 ; FEU1) n'est pas un résultat évident *a priori* ; en effet, la présence d'un signal lumineux aurait pu - statistiquement - ne pas jouer un rôle de frein : qui n'accélère pas lorsqu'il voit "au loin" un signal lumineux au vert, quitte à freiner plus brusquement si le feu passe au rouge au dernier moment ? La présence d'un signal lumineux serait-elle donc perçue comme un signe de risque potentiel ? Ou plus simplement, ce résultat est-il dû à l'influence "statistique" que peuvent avoir, au sein de notre échantillon, les croisements (munis de feux) entre tronçons d'échelle 0 et axes de rabattement, les périodes vertes étant évidemment à l'avantage de ces derniers ?

- SPEC : présence/absence "d'items spéciaux" (garages, stations-services, sorties de parking...) sur le tronçon.


	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
SPE0	24	22	25	17	88	
SPE1	1	5	2	7	15	
	25	27	27	24		

L'étude des diagrammes ci-dessus semble confirmer les hypothèses suggérées par le premier plan factoriel : absence d'items spéciaux sur les tronçons de desserte ultra-locale, et localisation préférentielle de tels items sur les tronçons rapides ("express transcendants" ?), vraisemblablement "spécialisés" (comparativement à d'autres tronçons d'échelle 0, s'entend : à l'échelle du quartier, éventuellement de l'arrondissement) pour les déplacements automobiles.

9.3.- Influence de la morphologie


Nous en arrivons aux variables à proprement parler "morphologiques" dont l'impact suggéré au chapitre 8 doit également faire l'objet d'une confirmation par l'étude des tris croisés.

- ACHT : type d'achèvement du tronçon.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
ACH1	8	17	9	15	49	
ACH2	2	2	9	7	20	
ACH3	15	8	9	2	34	
	25	27	27	24		

Sans revenir sur le "faux effet de frein" de l'achèvement par un croisement avec un autre tronçon d'échelle 0 (ACH3), notons que le deuxième diagramme (ligne correspondant à ACH2) confirme l'effet accélérateur d'un achèvement de tronçon par une place (sur-représentations très significatives au niveau des modalités VMV3 et VMV4). Peut-être s'agit-il de l'effet d'une anticipation, de la part des conducteurs, du fait qu'une place offre vraisemblablement une **meilleure visibilité** (d'où moindre danger potentiel représenté par les autres véhicules) qu'un croisement ?

- FONP : fond de perspective.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
FON1	6	15	10	8	39	
FON2	14	9	7	9	39	
FON3	5	3	10	7	25	
	25	27	27	24		

Comme pour la variable précédente, on constate qu'en plus de l'effet de frein d'un fond de perspective en T (FON2) déjà évoqué, cette variable agit sur la vitesse par le biais d'une autre de ses modalités, FON3, correspondant à un fond de perspective en Y, qui aurait un effet accélérateur. Ce résultat est intéressant dans la mesure où nous nous attendions plutôt à ce que ce soit un fond de

perspective en I (indiquant une continuité, un prolongement du tronçon par un autre, dans la même direction) qui favorise la vitesse ; l'examen du diagramme correspondant (première ligne de la figure ci-dessus) montre qu'il n'en est rien.

Notre interprétation de la sur-représentation dans les cases des vitesses élevées de la ligne FON3 est que ce type de fond de perspective correspond souvent à un achèvement en place (d'où rayonnent des tronçons) : l'effet accélérateur apparent de FON3 serait en fait une conséquence de celui (supposé) de la modalité ACH2 (achèvement en place). Si notre interprétation est juste, ce résultat signifierait que dans le décryptage par l'automobiliste de la paroi de fond du tronçon (dont le rôle dans la scène visuelle - nous l'avons vu au chapitre 3 - est censé être de première importance), **le type d'achèvement de ce dernier est nettement plus important** (en termes d'influence sur le comportement) **que le fond de perspective** (plus lointain).

- DCTT : densité de croisements de tous types.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
DCT0	18	9	7	13	47	
DCT1	2	4	9	7	22	
DCT2	2	5	7	2	16	
DCT3	3	9	4	2	18	
	25	27	27	24		

La comparaison des diagrammes correspondant aux lignes (modalités) DCT1, DCT2 et DCT3 confirme un **très net effet structurant de cette variable sur la vitesse moyenne pratiquée** : chaque fois que l'on change de ligne (de haut en bas), la position du pic (sur-représentation) se déplace un peu plus vers la droite (vers les vitesses faibles) : d'une certaine manière, il y aurait donc "proportionnalité inverse" entre densité de croisements et vitesse. La ligne correspondant à DCT0 n'infirme en rien cette interprétation : simplement, on constate un "mélange", pour cette modalité, de tronçons "barreaux d'échelle" (forcément caractérisés *et* par la modalité DCT0, *et* par la modalité VMV1, d'où la présence du pic important dans la case correspondante) et de tronçons dépourvus de croisements, où l'on circule très rapidement ; c'est ainsi qu'il faut interpréter la présence d'un "pic secondaire" à la case (VMV4 ; DCT0).

- DEFG : densité d'élargissements entre façades côté gauche.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
EFG0	18	17	17	10	62	
EFG1	6	5	4	8	23	
EFG2	1	5	6	6	18	
	25	27	27	24		

Si nous ne présentons pas le tableau correspondant au côté droit, c'est que nous n'y avons décelé aucune structure particulière ; ce dernier point tendrait à montrer que si la variable "élargissement entre façades" a un rôle à jouer, celui-ci sera "visuel" (concernant avant tout le côté gauche - celui le mieux perceptible par le conducteur).

L'étude des diagrammes de la figure ci-dessus suggère qu'au delà d'une valeur-seuil située entre EFG1 et EFG2 (*grosso modo*, une longueur cumulée d'élargissements significatifs supérieure à 15 % de la longueur totale du tronçon), la présence de retraits de façades aurait un effet plutôt accélérateur ; cependant, ce résultat est fragile dans la mesure où il n'est fondé que sur une sous-représentation significative dans la case (VMV1 ; EFG2) : pour les autres cases de cette ligne, on aurait plutôt une situation d'indépendance. Une confirmation de ce **supposé effet accélérateur** sur un terrain d'étude présentant une variété de configurations plus élevée³³⁴ serait nécessaire.

- DEOD et DEOG : densité d'élargissements optiques "significatifs", respectivement du côté droit et du côté gauche du tronçon.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
DEO1	6	4	5	7	22	
DEO2	4	3	6	10	23	
DEO3	4	5	8	2	19	
DEO4	5	6	4	2	17	
DEO5	6	9	4	3	22	
	25	27	27	24		

³³⁴ et surtout, comportant un nombre plus élevé de tronçons caractérisés par des élargissements entre façades importants : dans le cadre de cette étude, nous avons en effet été contraints de regrouper au sein d'un même classe une plage de valeurs allant de 16 % à 51 % !

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
EOG1	2	4	3	5	14	
EOG2	5	4	8	10	27	
EOG3	7	5	7	4	23	
EOG4	7	3	3	4	17	
EOG5	4	11	6	1	22	
	25	27	27	24		





L'examen des deux séries de diagrammes ci-avant confirme l'existence d'un effet de seuil : en deçà de valeurs de densités correspondant *grosso modo* à DEO3 et EOG3 (environ 15 % de la longueur du tronçon "élargie optiquement"), les sur-représentations d'effectifs se trouvent plutôt du côté des vitesses élevées ; au delà, elles se déplacent vers les vitesses plutôt faibles.

Sans doute pourrait-on interpréter ce phénomène par une sorte de "réaction négative du conducteur à la variété" : à l'intérieur d'un "tronçon-tuyau" de largeur optique invariante d'un bout à l'autre, il aurait tendance à conduire plus rapidement.

Mais il est plus vraisemblable - et c'est l'interprétation que nous proposons - qu'il s'agit d'une **conséquence d'un lien entre variables explicatives** - les variables DEOD et DEOG d'un côté, la variable DCTT (densité de croisements) de l'autre, cette dernière jouant (on l'a vu) un rôle structurant de la vitesse très significatif : il est clair que chaque croisement - voie débouchant par la droite ou par la gauche - constitue un élargissement optique significatif du tronçon.

- DDHD et DDHG : densité de diminutions significatives (cf. § 5.3.3.) de la hauteur des façades bordant le tronçon, respectivement du côté droit et du côté gauche.




	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
DDH0	13	6	9	5	33	
DDH1	5	10	6	9	30	
DDH2	4	6	6	5	21	
DDH3	3	5	6	5	19	
	25	27	27	24		



	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
DHG0	15	6	9	4	34	
DHG1	4	12	8	7	31	
DHG2	3	6	4	7	20	
DHG3	3	3	6	6	18	
	25	27	27	24		

Nous avons déjà confirmé précédemment l'existence du "seuil" (purement structurel selon notre interprétation) entre densités de diminution de hauteur de façades très faibles d'un côté, toutes les autres densités de l'autre.

L'étude des diagrammes des figures ci-avant ne nous permet de déceler aucun effet structurant de cette variable sur la vitesse, si ce n'est un léger effet accélérateur de la modalité DHG3 (densités fortes de diminutions de hauteur côté gauche). Comment l'interpréter ? Il est clair que l'impact de cette variable (si impact il y a) est purement "visuel", ce qui semble confirmé par l'influence du seul côté gauche (celui le plus "présent" dans la scène visuelle de l'automobiliste) ; s'agit-il de l'effet d'une "impression de dégagement" (une paroi moins élevée peut sans doute donner l'impression d'un espace plus "aéré") qui inciterait l'automobiliste à conduire plus vite ? Rien n'est moins sûr : car alors, la variable HAFG (hauteur courante des façades bordant le côté gauche) devrait jouer ce même rôle accélérateur ; or il n'en est rien. Cela dit, le fait est que la **densité de diminution de hauteurs côté gauche semble réellement jouer un léger rôle structurant des vitesses**. En effet, si l'on compare les trois diagrammes correspondant respectivement aux modalités DHG1, DHG2 et DHG3 (figure précédente), on constate l'existence d'un pic (sur-représentation) se déplaçant vers la droite lorsqu'on change de ligne : situé clairement dans la case correspondant à VMV2 au niveau de la ligne DHG1, il "hésite" entre VMV2 et VMV4 pour la ligne DHG2, et passe à VMV3 et VMV4 au niveau de la dernière ligne (DHG3). Nous sommes cependant incapables de proposer une explication à ce phénomène.





- DGED et DGEG : densité de goulots d'étranglement de la largeur utile (il s'agit *grosso modo* de la densité de véhicules stationnant en double file), respectivement côté droit et côté gauche du tronçon.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
DGE0	14	15	16	16	61	
DGE1	4	5	6	6	21	
DGE2	7	7	5	2	21	
	25	27	27	24		

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
GEG0	16	16	19	21	72	
GEG1	9	11	8	3	31	
	25	27	27	24		

L'examen des diagrammes montre tout d'abord une indépendance entre vitesse et absence de goulots d'étranglement, d'un côté comme de l'autre (équipartition approximative entre modalités de vitesse) ; au delà d'une valeur seuil située entre DGE1 et DGE2 (et pour la modalité GEG1, i.e. "présence de goulots d'étranglement"), on constate une sous-représentation importante (creux) pour les vitesses très élevées (VMV4), mais une relative équipartition pour les trois autres modalités (VMV1, VMV2 et VMV3) : on ne peut donc vraisemblablement pas parler "d'effet structurant" de la vitesse par la densité de goulots d'étranglement. Tout ce que l'on peut dire, c'est que statistiquement, on ne circule pas "très vite" sur les tronçons où des véhicules stationnent en double file côté gauche... ou dont plus de 5 % de la longueur est occupée par des véhicules stationnant en double file côté droit ; ce chiffre de 5 % est d'ailleurs à prendre avec réserves dans la mesure où il ne s'agit que de la valeur la plus représentative de la modalité DGE2, modalité dont les bornes respectives sont 2 % et 67 % (cf. annexe 20) !

- LACT : largeur totale de la chaussée.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
LAC1	5	6	4	4	19	
LAC2	15	9	15	12	51	
LAC3	4	7	5	7	23	
LAC4	1	5	3	1	10	
	25	27	27	24		

Le seul élément marquant qui apparaît dans les diagrammes ci-dessus est la sur-représentation significative dans la case (VMV2 ; LAC4) : un tel effet ralentisseur des très fortes largeurs de la chaussée n'est-il pas paradoxal³³⁵ ? Plus que d'un effet ralentisseur, il s'agit à notre avis d'une **conséquence de liens réciproques entre variables morphologiques** : lors de l'élaboration de notre typologie de tronçons (chapitre 7), nous avons vu en effet qu'une proportion importante de tronçons caractérisés par des vitesses faibles (VMV2) - mais non pas très faibles (VMV1) - étaient des "collecteurs locaux", présentant **également** des largeurs élevées...

- LARF : largeur entre façades.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
LAR1	3	3	3	5	14	
LAR2	10	7	12	8	37	
LAR3	7	10	7	9	33	
LAR4	5	7	5	2	19	
	25	27	27	24		

Les diagrammes de la figure ci-dessus ressemblent beaucoup à ceux du croisement entre la variable VMVT et la variable LACT (q.v.) : nous proposons donc une interprétation identique (les collecteurs locaux sont caractérisés par des largeurs entre façades importantes).

- LMPG : largeur moyenne des parcelles bordant le tronçon du côté gauche.

	VC11	VC12	VC13	VC14		
MPG1	5	9	5	4	23	
MPG2	3	5	16	12	36	
MPG3	2	2	8	10	22	
MPG4	3	10	5	4	22	
	13	26	34	30		

³³⁵ La très nette sous-représentation à la case (VMV1 ; VOI4) traduit, quant à elle, une banalité : il est normal que des tronçons "barreaux d'échelle" ne soient pas "très larges".





L'étude de cette figure permet de confirmer qu'en deçà d'un certain seuil (modalité regroupant des valeurs comprises entre 31 et 150 mètres, mais dont la valeur la plus représentative est 55 mètres), l'effet visuel du "striage" (rythme) donné par les parcelles bordant le tronçon du côté gauche (côté le mieux perceptible par l'automobiliste) aurait un **effet structurant sur les vitesses** - c'est en tout cas ce que suggère la lecture des diagrammes à barres correspondant aux lignes MPG1, MPG2 et MPG3, où le pic principal (sur-représentation) se déplace progressivement de la gauche vers la droite : "l'impression de vitesse" donnée par un striage serré inciterait ainsi à ralentir (à la manière des "ralentisseurs optiques"), et ce d'autant moins que le striage est moins serré.

Le fait que les très grandes largeurs moyennes de parcelles ne s'inscrivent pas dans ce schéma (l'effet de seuil que nous avons évoqué) peut être interprété de la manière suivante : il est possible qu'au delà d'une certaine largeur, les parcelles ne soient plus perçues comme des "stries" et que la notion de rythme perde son sens (compte tenu de l'ordre de grandeur des vitesses pratiquées sur les tronçons étudiés, 55 mètres représentent tout de même une distance qu'un véhicule met entre 5 et 10 secondes à parcourir : peut-on alors encore parler de "rythme" ?).

Cela dit, nous ne saurions interpréter la sur-représentation des faibles vitesses au sein de la ligne correspondant à la modalité des largeurs moyennes très élevées (MPG4) : en effet, dans notre hypothèse (existence d'un seuil à partir duquel le striage ne joue plus aucun rôle), on devrait avoir plutôt une situation d'indépendance, c'est-à-dire une équipartition d'effectifs entre les différentes modalités de vitesse. Comment expliquer cet écart ? Serait-ce qu'au delà d'une certaine largeur de parcelle, c'est le rythme de la façade de chaque immeuble qui "prendrait le relais" dans le "striage" transversal du tronçon (rythme dont l'étude nécessiterait le recours à des variables morphologiques décrivant de façon plus détaillée les parois latérales) ? Ou bien s'agit-il de la conséquence d'un lien entre MPG4 et une modalité d'une autre variable, ayant un effet "ralentisseur" ? On pourrait ainsi imaginer que statistiquement (une telle hypothèse serait à vérifier), au sein des quartiers étudiés, les parcelles très larges correspondent (du moins au rez-de-chaussée) à des grands magasins, donc à une *forte densité* de vitrines qui, on l'a vu (et on le confirmera), semble inciter à ralentir³³⁶.









336 Ceci n'est évidemment qu'une hypothèse ; pour la vérifier, il faudrait entrer dans le détail des liens des variables *morphologiques* entre elles, ce qui nous éloignerait du cadre de cette étude (on notera que c'est ce que nous avons commencé à faire au chapitre 7, approche au terme de laquelle a été esquissée une typologie de tronçons).

- LONG : longueur du tronçon.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
LON1	11	5	2	4	22	
LON2	8	7	6	3	24	
LON3	3	6	12	10	31	
LON4	3	9	7	7	26	
	25	27	27	24		

Outre la sur-représentation significative de la case (VMV1 ; LON1) déjà étudiée précédemment, ces diagrammes confirment l'existence d'un seuil (entre LON2 et LON3, donc de l'ordre de 200 mètres) en deçà duquel les tronçons "très rapides" sont rares³³⁷ : peut-être s'agit-il de l'effet de la forme générale du profil des vitesses sur les tronçons relativement courts, où la phase de palier est sans doute suffisamment réduite par rapport aux phases d'accélération et de décélération pour faire baisser de façon perceptible la vitesse moyenne de parcours ; peut-être aussi la **dépendance probable entre certaines variables morphologiques** participe-t-elle de ce résultat : dans notre typologie sommaire de tronçons, nous avons vu que statistiquement, une proportion importante de "collecteurs locaux" - caractérisés principalement par des vitesses "assez faibles" - étaient plutôt courts.

- ORIT : orientation du tronçon par rapport aux points cardinaux.

	VCI1	VCI2	VCI3	VCI4		
ORI1	4	6	10	4	24	
ORI2	2	5	7	12	26	
ORI3	3	7	9	5	24	
ORI4	4	8	8	9	29	
	13	26	34	30		
						

³³⁷ Les sous-représentations très marquées au niveau des cases (VMV1 ; LON3) et (VMV1 ; LON4) traduisent quant à elles une banalité : les tronçons "barreaux d'échelle" ne sont pas longs.

L'examen du diagramme de la ligne ORI2 et de celui de la colonne VCI4 confirme de façon évidente le rôle accélérateur de l'orientation "azimut Sud-Est" (sur-représentation dans la case des vitesses très élevées, sous-représentation tout aussi nette dans la case des vitesses très faibles).

Cette orientation correspond-elle à une direction particulière (au sein de la ville de Paris : compte tenu de l'emplacement de notre terrain d'étude, cette orientation est approximativement la direction *vers le centre*) pour laquelle un aménagement de voies significativement mieux adapté aux vitesses plus élevées serait prévu ? C'est peu probable car dans ce cas, l'orientation ORI4 (opposée à ORI2) devrait présenter un diagramme analogue (il n'y a aucune raison que soit privilégié un sens plutôt que l'autre).

La seconde interprétation que nous proposons est liée aux conditions d'éclairement des différentes parties du tronçon : à l'heure et à l'époque de l'année où ont été prises les photographies aériennes nous ayant servi de source de données de trafic, le soleil se trouve approximativement au Sud-Ouest ; les tronçons d'orientation Sud-Est sont donc partagés longitudinalement en deux parties : l'une plongée dans l'ombre portée par les immeubles de la paroi de droite, l'autre en plein soleil. On peut ainsi avancer l'hypothèse que le fait de **rouler à l'ombre aurait un effet accélérateur** (mais il se pourrait aussi que ce soit le niveau d'éclairement important du seul côté gauche du tronçon qui ait cet effet). Cette hypothèse mériterait certainement d'être vérifiée par le recours à des photographies aériennes prises sur le même terrain, mais à une autre période de la journée, par exemple à l'heure de pointe du matin (encore faudrait-il les trouver...) : le soleil se trouvant au Sud-Est, l'effet accélérateur devrait alors concerner la modalité ORI1 (azimut Nord-Est).

9.4.- Les variables mixtes

Rappelons qu'il s'agit de variables n'ayant pu être classées ni dans la catégorie des variables morphologiques, ni dans celle des variables de contrôle : elles sont "à cheval" entre les deux.

- DVLD et DVLG : densité de vitrines (nombre de vitrines par tranche de 100 mètres de tronçon), respectivement du côté droit et du côté gauche.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
DVL0	8	4	6	9	27	
DVL1	4	5	6	10	25	
DVL2	3	5	6	2	16	
DVL3	3	8	5	3	19	
DVL4	7	5	4	0	16	
	25	27	27	24		

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
VLG0	10	5	7	10	32	
VLG1	2	4	5	7	18	
VLG2	4	5	8	3	20	
VLG3	0	8	3	3	14	
VLG4	9	5	4	1	19	
	25	27	27	24		

L'examen des deux séries de diagrammes à barres ci-dessus confirme un **effet très fortement structurant de la densité de vitrines sur la vitesse**, qu'il s'agisse de vitrines côté droit ou côté gauche : dans les deux cas, si on "lit" chacune des séries de cinq diagrammes de haut en bas, on constate la présence d'un pic (sur-représentation) très marqué se déplaçant de la droite vers la gauche. La présence de *deux* pics aux lignes correspondant aux concentrations de vitrines nulles (DVL0 et VLG0) s'explique aisément : au sein de ces deux modalités, on trouve à la fois des tronçons où l'on circule très vite du fait (entre autres) d'une densité de vitrines nulle (c'est notre interprétation en tout cas), *mais également* des tronçons de desserte ultra-locale (q.v.) qui - on l'a vu - ne sont pas commerciaux (assez logiquement) ; c'est de ce mélange de tronçons de natures différentes que résulterait la sur-représentation simultanée dans les cases (VMV1 ; VLG0) et (VMV4 ; VLG0) d'une part, (VMV1 ; DVL0) et (VMV4 ; DVL0) d'autre part.

Dans la mesure où les tronçons à très forte concentration de trafic (CVO5) ont été éliminés (nous avons vu que les tronçons commerciaux sont souvent caractérisés également par un trafic dense), nous imputons l'effet de frein constaté *aux vitrines elles-mêmes*, et non pas à d'éventuelles dépendances entre variables explicatives. Nous considérons également comme peu probable l'hypothèse selon laquelle ce lien apparemment fort entre densité de vitrines et

faiblesse de la vitesse traduirait une *causalité inverse*, à savoir que les commerces s'installent dans les rues où, pour diverses raisons, les véhicules circulent lentement. Ce qui nous conforte dans notre interprétation première, c'est que du côté gauche du tronçon - celui le mieux visible par l'automobiliste (q.v.) - les sur-représentations sont plus nettement marquées que du côté droit ; la "proportionnalité inverse" entre vitesse et densité de vitrines serait donc bien une question de perception de ces dernières (et de l'examen de leur contenu ?) par l'automobiliste.

Peut-on parler de "lèche-vitrines motorisé" ? Une telle hypothèse serait à rapprocher de ce qu'écrit Kevin Lynch à propos de la vitesse : "*As speed increases, attention is confined to a narrower forward angle, since coming events must be predicted further ahead. As near objects rush past more rapidly, they are harder to perceive and attention may shift to more distant and relatively stable elements*"³³⁸. Cette modification importante de l'angle de visibilité est d'ailleurs présentée comme un acquis dans le guide des savoir-faire et techniques du CETUR³³⁹. Ainsi, tout se passerait comme si vitesse (V) et angle de vision (A) étaient inversement proportionnels, ou en d'autres termes, comme si $V \cdot A = \text{constante}$. Cette équation peut évidemment être lue de deux manières différentes :

- c'est parce que l'on conduit vite que l'on regarde avant tout au loin, et donc que l'angle de vision est faible ;
- mais c'est aussi parce que, pour une raison ou pour une autre, on est amené à élargir cet angle de vision que l'on ralentit.

C'est en fait dans cette dernière optique qu'il faut considérer notre tentative d'intégrer, dans la description des parois latérales du tronçon, toutes choses susceptibles d'éveiller la curiosité : vitrines, certaines caractéristiques des façades, une brusque variation de hauteur d'immeuble, un élargissement ou un rétrécissement important, une largeur de parcelle sortant du commun et venant briser le rythme du tronçon donnée par les autres parcelles... autant d'éléments morphologiques pouvant "intriguer" l'automobiliste (**consciemment ou non**) l'amenant à élargir son angle de vision, et donc à ralentir conformément à l'équation $V \cdot A = \text{constante}$.

338 APPLEYARD, D. ; LYNCH, K. ; MYER, J.R. -*The view from the road*, op. cit, p. 6.

339 CETUR -*Savoir-faire et techniques*, op. cit., p.143

Nous avons employé le terme de "consciemment" ; c'est un point important et délicat : car si la présence de commerces induit un "lèche-vitrines motorisé conscient", **ne sort-on pas du cadre du modèle de Gibson et Crooks**, constituant l'un des fondements de notre modèle d'analyse, et applicable uniquement pour des comportements régis par des "automatismes" (niveaux de conscience bas) ? Si tel est le cas, tout notre travail de délimitation préalable du terrain d'étude (en particulier, choix de quartiers "aseptisés") paraît bien artificiel : en supposant que la présence de vitrines amène l'automobiliste à quitter le domaine des "actions-réflexe", les variables DVLD et DVLG ne jouent-elles pas un rôle analogue à celui des marchés, des cafés débordant sur la chaussée, etc.?

En fait, la réponse à cette question pourrait se trouver dans une délimitation précise (pour peu que ce soit possible) entre un acte délibéré de "voir" (*see*) et le simple fait de "regarder" (*look*) : constater une "anomalie" (du genre : "*je suis en train de me rapprocher dangereusement du trottoir, il faut corriger ma trajectoire*" - type d'action qui, on l'a vu, se fait inconsciemment) *n'est pas* un acte de recherche d'un objet spécifique (qu'il s'agisse d'un objet dans une vitrine ou d'un véhicule pouvant déboucher à un carrefour) ; or cette limite entre une situation où l'attention du conducteur est attirée de façon intermittente par des caractéristiques singulières de la scène visuelle sur les parois latérales (vitrines ? "anomalies" dans le rythme des largeurs des parcelles ?...) et une recherche visuelle active, est floue... et l'effet observé (élargissement du champ visuel, "statistique" dans un cas, déterministe dans l'autre) peut être le même. Le travail de délimitation théorique d'un terrain d'étude pertinent (cf. chapitre 3) présuppose donc qu'il y a une différence **qualitative** (et non pas seulement quantitative) entre une vitrine et un marché, différence comparable à celle supposée exister (toujours selon notre modèle d'analyse) entre un "carrefour courant" (servant à calculer les variables topologiques DTGD, DTTD et DCTT) et un "point-à-risque". En fin de compte, dans notre interprétation, le phénomène de ralentissement dû aux vitrines (mais cela est valable pour l'ensemble des variables décrivant le tronçon, notamment celles caractérisant ses parois latérales) est lié à la **quantité d'information perçue inconsciemment** par le conducteur ; ce point reste cependant une hypothèse que nous ne sommes pas en mesure de vérifier. La question de la **nature** de cette information ne manque pas non plus d'ambiguïté : quel est le "statut" des vitrines, ou plus exactement, quelle est la nature de leur influence au niveau de la scène visuelle ? Leur rôle est-il lié aux transformations formelles qu'elles induisent au niveau des parois

latérales du tronçon ? Car la géométrie des façades est indéniablement transformée par leur présence : elles modifient le rapport surface maçonnerie/surface vitrée ; elles peuvent renforcer, atténuer, voire transformer le "rythme" donné au tronçon par la largeur des parcelles qui le bordent ; elles modifient l'aspect surfacique des façades (partiellement transparentes) ; ... Ou alors, la curiosité du conducteur se trouve-t-elle (inconsciemment, donc) éveillée par ce qu'elles contiennent ou par ce qu'elles pourraient contenir ?... Quoiqu'il en soit, ce serait à notre sens une erreur que de considérer cet effet des vitrines comme monodimensionnel : indépendamment de l'effet "lèche-vitrines" (et/ou l'effet de modification de la morphologie des façades) qu'elles induisent, elles peuvent vraisemblablement être considérées également comme **un** indice d'une réalité plus complexe, d'une richesse de "vie de rue" amenant une variété de tous ordres - petits aménagements de trottoir, nombre accru d'éléments surimposés sur les façades (inscriptions, enseignes, affiches, panonceaux...) - qui d'une part ne font qu'accentuer la curiosité du conducteur (renforcement de l'effet "élargisseur d'angle de vision"), d'autre part contribuent à accroître sa vigilance compte tenu du danger potentiel d'apparition imprévue d'obstacles mobiles liés à cette richesse (plus grande densité de piétons, donc plus grand risque d'en voir un déborder sur la chaussée, effet renforcé par l'inattention probable de ces piétons, eux aussi absorbés par l'examen des vitrines...). L'effet structurant des vitrines - dans notre interprétation - est donc "multidimensionnel", et ne peut être imputé uniquement à la modification de la morphologie (dimension et géométrie) des parois latérales ; c'est pour cette raison que nous avons classé DVLD et DVLG dans la catégorie des variables mixtes... sans être capables de mesurer la "part de la morphologie" dans leur impact - apparemment très significatif - sur les vitesses.

- DPCG : densité de portes cochères côté gauche.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
PCG0	11	8	1	2	22	
PCG1	6	6	9	2	23	
PCG2	1	4	5	6	16	
PCG3	3	4	6	7	20	
PCG4	4	5	6	7	22	
	25	27	27	24		

Pour commencer, précisons que si nous ne présentons pas le tableau correspondant au côté droit du tronçon, c'est que nous n'y avons trouvé aucune structure apparente : l'effet de la densité des portes cochères serait donc "visuel" (l'impact, de ce point de vue, du côté gauche est - on l'a vu - supérieur à celui du côté droit : c'est notre hypothèse de "l'effet de perspective", qui semble désormais solidement établie), et non pas lié à un sentiment de danger potentiel (risque de voir surgir un véhicule) ; si tel était le cas, on peut supposer en effet que l'impact du côté droit aurait été prépondérant.





L'examen des diagrammes à barres de la figure ci-dessus fait apparaître deux choses :

d'une part, confirmation de l'absence de portes cochères dans les tronçons de desserte ultra-locale (sur-représentation significative dans la case croisant VMV1 - caractéristique de ce type de voies - et PCG0) ;

d'autre part, au delà d'une densité de l'ordre de une porte cochère par 100 mètres de tronçon (donc pour les lignes PCG2, PCG3 et PCG4), on constate une espèce de légère "proportionnalité inverse" entre VMVT et DPCG, se traduisant par une augmentation progressive (en "lisant" les trois diagrammes correspondant à ces modalités de haut en bas) de la proportion des tronçons caractérisés par des vitesses faibles et très faibles (si, pour chacun des trois diagrammes, on reliait les sommets des barres, on obtiendrait, de haut en bas, trois droites ascendantes, mais chacune plus proche de l'horizontale que la précédente).

Ce léger "**effet de frein**" de la densité de portes cochères à gauche est d'autant plus intéressant qu'il est sans doute contrecarré par l'effet de frein des vitrines (il y a vraisemblablement "proportionnalité inverse" entre densité de vitrines et densité de portes cochères, ainsi que nous l'avons signalé au chapitre 8).

- VOIN : nombre de voies utiles.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
VOI1	3	4	1	2	10	
VOI2	6	9	10	8	33	
VOI3	11	5	11	11	38	
VOI4	5	9	5	3	22	
	25	27	27	24		



L'examen du tableau croisant cette variable avec VMVT ne fait apparaître que deux sur-représentations réellement significatives : la première est celle de la case (VMV2 ; VOI4), validant notre interprétation précédente quant au rôle **"ralentisseur" d'une largeur utile par voie étriquée** (en deçà de la "normale" des 2,30 m) ; ce résultat est validé par la seconde sur-représentation, concernant les deux cases (VMV1 ; VOI1) et (VMV2 ; VOI1) qui regroupent à elles seules presque les trois-quarts des effectifs de la modalité VOI1.

On notera cependant que le **rôle accélérateur d'un sur-dimensionnement de cette largeur semble insignifiant** : on observe une "rupture" (au niveau de la répartition des effectifs par lignes) entre les modalités VOI1 et VOI2 d'une part, entre VOI3 et VOI4 d'autre part (effet de frein des largeurs utiles étriquées), mais pas entre VOI2 (correspondant aux largeurs par voie "normales") et VOI3 (largeurs par voie "sur-dimensionnées").

9.5.- Variables de "faible poids" : absences d'influence surprenantes

Après nous être intéressés aux variables qui jouent un rôle dans la dispersion du nuage (sa structure), on peut évoquer celles qui, contrairement à ce qui aurait pu être supposé *a priori*, ne jouent pas de rôle apparent.

- SENS : nombre de sens de la rue d'où est issu le tronçon.

	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4		
SEN1	20	18	17	17	72	
SEN2	5	9	10	7	31	
	25	27	27	24		

Le fait qu'un tronçon soit issu d'une rue à sens unique ne constitue pas un "atout" décisif en termes de vitesse, comme le montre l'équipartition presque parfaite (signe d'indépendance) entre les cases de la ligne SEN1.

- Parmi les variables déjà étudiées précédemment, on peut s'étonner que la largeur joue un rôle si peu important, alors qu'elle semblait déterminante dans

la thèse de Yarob Badr (les principaux résultats de cette thèse sont résumés au chapitre 1). Cette divergence des résultats est sans doute imputable à l'objet d'étude : les phénomènes entrant en jeu dans le cadre de ruelles urbaines sont vraisemblablement différents de ceux correspondant au cas d'une route principale traversant une petite agglomération.

- La densité de goulots d'étranglement joue un rôle ralentisseur très discutable, qui, par ailleurs, peut n'être dû qu'à un lien avec d'autres variables : par exemple, on peut penser que l'on stationne beaucoup en double file sur les tronçons très commerciaux, i.e. sur des tronçons où la densité de vitrines est élevée (et on a vu l'effet de frein probable de cette dernière). C'est là un résultat assez surprenant dans la mesure où l'on aurait pu s'attendre à ce que l'impact de la présence d'obstacles sur la chaussée soit déterminant. Mais peut-être notre échantillon ne comporte-t-il pas suffisamment de configurations différentes de "densités de goulots d'étranglement" pour qu'il soit possible de mettre en évidence l'effet de cette variable ?

Ce dernier point est important, car c'est l'explication possible du manque d'influence d'autres variables :

- C'est sans doute vrai pour les variables géométriques : l'absence assez surprenante d'effets sur la vitesse de "brisures" (changements de direction en plan et en coupe) peut s'expliquer par le fait que notre échantillon ne comporte pratiquement que des tronçons rectilignes et aux dénivelés faibles. L'étude de l'impact de ces variables (les rayons de courbure des virages, entre autres) nécessiterait le recours à un terrain d'étude plus adapté.

- Il en est de même pour l'impact des arbres ("striage" des parois du tronçon ? Rôle en matière d'éclairage ?...) : notre échantillon ne comporte que 7 tronçons à la fois plantés d'arbres... et "lisibles", ce qui laisse supposer que pour étudier la variable ARBR, le recours à une autre méthode de recueil de données que la photographie aérienne serait nécessaire.

- Le manque d'influence de la hauteur des façades de part et d'autre du tronçon (de même que celui de la densité d'augmentations de cette hauteur) n'est pas non plus concluant, la variété rencontrée, de ce point de vue, sur notre terrain d'étude étant faible... à tel point que nous n'avons pu constituer que deux classes de hauteurs différentes (cf. annexe 20).

Cela étant, le "poids" négligeable ou nul de certaines variables peut aussi être imputé à un mauvais choix initial de variables. Par exemple, au chapitre 3, les variables relatives aux "densités de variations dimensionnelles" ont fait l'objet d'une discussion critique : ces variables sont-elles "les bonnes" pour caractériser la morphologie des parois latérales ? Ou alors leur faible incidence sur l'inertie du nuage correspond-elle réellement au fait que les "variations dimensionnelles" des parois latérales n'interviennent pas (ou seulement très peu) dans le comportement du conducteur ? Bien qu'il soit difficile de donner une réponse à cette question, nous sommes tentés d'opter pour la seconde interprétation : à notre avis, les variables volumétriques globales sont des descripteurs pertinents (bien que sans doute pas les seuls) d'espaces et de formes, surtout dans l'optique d'un automobiliste (*"Landmarks are seen in clusters rather than singly ; larger spaces and bigger land forms take command"*³⁴⁰).

9.6.- Bilan : une interdépendance forme-fonction manifeste

Afin de donner une image globale des éléments de scène visuelle dont l'influence - isolée ou conjointe - sur la vitesse est la plus marquée, nous avons regroupé d'un côté toutes les variables semblant avoir un fort effet ralentisseur lié à un seuil, de l'autre celles qui jouent apparemment un rôle structurant ("proportionnalité" - qui peut être inverse - entre valeur de la variable et vitesse) ; certaines variables apparaissent dans les deux listes.

1- Variables à très fort effet de frein, c'est-à-dire explicatives des vitesses très faibles :

ACH3 : achèvement par un croisement avec un autre tronçon d'échelle 0 ;

DDH0 : densité nulle de diminution de hauteur des façades, côté droit ;

DHG0 : densité nulle de diminution de hauteur des façades, côté gauche ;

ELP1 : faible dispersion de largeurs de parcelles à droite ;

LPG1 : faible dispersion de largeurs de parcelles à gauche ;

HIS3 : date de percement du tronçon postérieure à Haussmann ;

340 APPLEYARD, D. ; LYNCH, K. ; MYER, J.R. -*The view from the road*, op. cit, p. 6.

LON1 : longueur très faible ;
DCT0 : absence de croisements sur le tronçon ;
DEP1 : présence de passage cloutés (mais en "négatif", donc absence) ;
FON2 : fond de perspective en T.

L'interprétation que nous donnons de cette première catégorie est que seules quelques-une de ces variables ont un effet direct (**LON1** - longueur très faible et **FON2** - fond de perspective en T) sur la vitesse, "l'influence" des autres n'étant en fait qu'une conséquence de leur dépendance vis-à-vis des premières ; l'avantage d'une telle interprétation est qu'elle intègre l'ensemble des variables "significatives" en même temps.

2- Variables structurantes de la vitesse, c'est-à-dire présentant, au moins pour certaines de leurs modalités, une forme de proportionnalité - ou de "proportionnalité inverse" - avec au moins certaines modalités des vitesses (en général, il s'agit des modalités 2, 3 et 4 de la variable VMVT) pour les variables *quantitatives*, et au moins une sur- (et/ou sous-)représentation significative au croisement avec une modalité de vitesse pour les variables *qualitatives* (pour lesquelles la "proportionnalité" n'a pas de sens) :

CVOI : concentration de trafic par voie ;
ACHT : type d'achèvement du tronçon ;
FONP : fond de perspective ;
DCTT : densité de croisements de tous types ;
DDHG : densité de diminutions de hauteur de façades côté gauche ;
LMPG : largeur moyenne des parcelles bordant le tronçon à gauche ;
ORIT : orientation du tronçon par rapport aux points cardinaux ;
DVLD : densité de vitrines du côté droit ;
DVLG : densité de vitrines du côté gauche ;
DPCG : densité de portes cochères côté gauche ;
VOIN : nombre de voies utiles.

Pour cette seconde catégorie, nous avons essayé de faire de même que pour la première (à savoir les intégrer dans un schéma unique cohérent)... sans vraiment y parvenir (si ce n'est ponctuellement, en éliminant certaines variables dont nous avons interprété "l'effet structurant" comme étant une conséquence de

dépendance réciproque avec d'autres variables explicatives) : en général, il est difficile de dire dans quelle mesure ces influences (sur-représentations ou sous-représentations, en termes d'effectifs, dans les cases des tableaux des tris croisés) sont le fait d'une réelle influence de la variable *isolée* sur le comportement du conducteur, d'une influence *conjuguée* de plusieurs (mais lesquelles ?) de ces variables à la fois (voire toutes), ou de *liens entre variables explicatives*.

Cette question des "chaînes" de variables explicatives est complexe : pour ne prendre qu'un exemple, supposons que notre raisonnement concernant les angles de visions et la quantité d'information à traiter par l'automobiliste soit juste (cf. interprétation des variables de densité de vitrines, DVLD et DVLG). La variable LARF (largeur entre façades) pourrait alors jouer un rôle aussi bien d'accélérateur que de frein, en conjonction avec les variables décrivant les parois latérales : logiquement, pour un *même* angle de vision³⁴¹, plus LARF est élevée, plus la proportion des parois latérales dans la scène visuelle est faible. Suivant que ces parois ont un effet ralentisseur ou accélérateur (fonction des modalités de diverses variables qui les décrivent), la variable LARF, en plus de son "effet propre" (si effet il y a), jouera - ou non - un rôle de "catalyseur" pour celui des parois latérales. Mais ce n'est pas fini ! D'autres variables (non relatives aux parois latérales) peuvent venir à leur tour se greffer sur cette chaîne, pouvant annuler l'effet de cette dernière : par exemple, la variable VOIN (largeur utile par voie) n'est sans doute pas indépendante de la variable LARF : pour certaines plages de valeurs, on peut penser qu'il y a, dans une certaine mesure, "proportionnalité" entre l'une et l'autre. Supposons maintenant que l'effet des variables décrivant les parois latérales soit globalement "accélérateur". Dans ce cas, la variable LARF vient contrecarrer ce dernier (dans notre hypothèse précédente, plus sa valeur est élevée, moins les parois latérales seront "présentes" dans la scène visuelle, et donc moins leur effet accélérateur se fera sentir). Or, si l'on part du principe que VOIN joue un rôle accélérateur, et si par ailleurs sa valeur augmente avec celle de LARF, les deux variables vont jouer dans des sens opposés. En revanche, si l'effet des variables décrivant les parois latérales est globalement "ralentisseur", on déduit, par le même raisonnement, une conjonction entre les deux variables (elles se renforceront l'une l'autre).

341 angle de vision qui - soit dit en passant - dépend de surcroît de la vitesse, donc ne peut même pas être considéré comme une constante, une caractéristique de l'être humain ; cela complique évidemment le problème...

Donc deux cas de figure, deux résultats opposés... et rien n'empêche de continuer à ajouter d'autres variables !

L'objet de cette petite digression sur les chaînes de variables est simplement de montrer la difficulté de proposer un schéma *explicatif* à partir des sorties brutes d'une analyse factorielle. Les interprétations que nous en avons donné précédemment sont évidemment subjectives. Ce ne sont que des hypothèses consolidées, suggérées par les résultats de l'analyse multidimensionnelles et destinées plus à soulever des questions (pistes de recherche demandant à être confirmées par des travaux spécifiquement axés sur les *mécanismes du comportement* de l'automobiliste) qu'à donner une réponse définitive au problème posé.

Pour le moins, les résultats obtenus mettent en évidence une *structuration de la vitesse pratiquée par des variables* -entre autres morphologiques - décrivant l'environnement plus ou moins immédiat de l'espace des déplacements automobiles urbains (ou si l'on veut, la scène visuelle se déroulant sous les yeux des automobilistes). A ce sujet, rappelons un point commun aux variables morphologiques, de contrôle ou mixtes : il s'agit du rôle prépondérant du côté gauche du tronçon. L'impact visuel d'éléments de l'environnement du conducteur (même d'éléments ne représentant pas des sources de danger potentiel) jouerait donc bien *un* rôle (et un rôle non négligeable) dans le comportement "moyen" traduit en termes de vitesse. D'une certaine manière, le modèle de Gibson et Crooks s'en trouve conforté, puisque les variables que nous avons retenues résultent - rappelons-le - d'une décomposition des six éléments qui, dans ce modèle, constituent la scène visuelle (cf. chapitre 1). Nous pensons donc que même si l'impact des différentes variables sur la vitesse n'a pu être quantifié, le simple fait d'avoir mis en évidence cet impact (c'était d'ailleurs l'objectif de cette thèse) constitue un résultat prometteur et ouvrant la voie à des travaux ultérieurs.

Ces variables explicatives des vitesses pratiquées en environnement urbain dense et sur des voies de desserte de points-de-réseau (voies d'échelle 0) sont présentées sous forme synoptique à la **figure 47**, qui reprend la "pyramide des variables" (cf. chapitre 3), mais "épurée", c'est-à-dire ne comprenant que les variables dont notre travail a pu confirmer l'impact sur le "comportement moyen" des conducteurs. Rappelons les principales étapes de cette "épuration" :

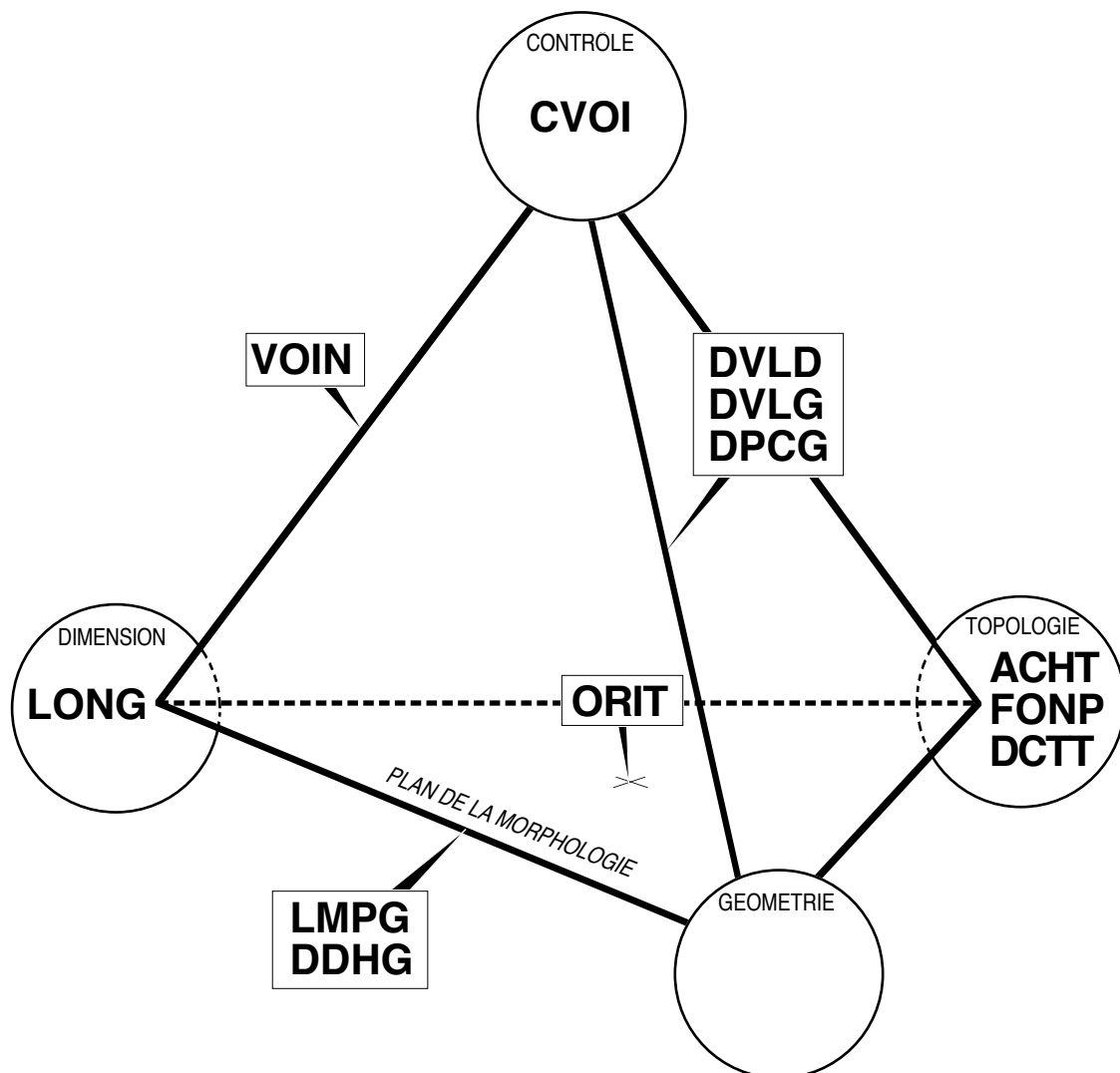
FIGURE 47

Pyramide des variables structurantes de la vitesse moyenne

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

Dans cette représentation, chaque sommet de la base de la pyramide (plan horizontal, ou "plan de la morphologie") représente l'une des trois notions formelles. Le quatrième sommet est celui des variables de contrôle.

- Une variable située sur un sommets de la pyramide est relative à la notion que ce dernier représente.
- Une variable située sur une arête de la pyramide relève des deux notions constituant les extrémités de cette arête.
- Une variable située sur une face de la pyramide relève des trois notions appartenant à (et définissant) cette face.
- Une variable située à l'intérieur de la pyramide (dans le volume) relèverait des quatre sommets à la fois.



- Au départ (chapitre 3), nous avons proposé **61 variables**, obtenues en déclinant les six éléments constitutifs de l'environnement du conducteur (modèle de Gibson et Crooks). Pour ce faire, nous avons fixé un "niveau de détail" de description assez schématique et avons essayé d'établir une liste aussi complète que possible compte tenu de ce niveau de détail.

- Du fait de certaines spécificités du terrain d'étude (i.e. de l'échantillon de tronçons) et d'exigences de la méthode d'analyse utilisée (recodage), certaines parmi ces variables se sont avérées être non pertinentes et ont été éliminées : il restait alors **51 variables** (chapitres 5 et 6).

- Au terme d'une analyse des correspondances multiples par bandes réduite au premier plan factoriel, nous avons isolé **37 variables** dont la contribution relative à la variance du tableau de données projetée sur ce plan avait été jugée "significative".

- Nous avons enfin procédé à une interprétation fondée sur l'analyse des tris croisés, au cours de laquelle ont été éliminées les variables dont "l'influence sur les vitesses" n'est vraisemblablement due (mais ce n'est qu'une interprétation possible) qu'à une dépendance statistique de ces dernières vis-à-vis d'autres variables explicatives : il ne reste alors plus que **12 variables** : **7** morphologiques, **1** de contrôle, **4** mixtes ("partiellement" morphologiques").

Pour conclure cette synthèse qui clôt la dernière partie de ce travail, il convient de s'interroger sur la validité des résultats obtenus eu égard aux éventuels biais induits par la méthode d'analyse employée. En particulier, le codage adopté, se traduisant par un découpage de chaque variable en un nombre réduit de classes, n'est-il pas trop simplificateur ?

Nous pensons que, du fait de nos objectifs, la recherche d'une trop grande précision eût été hors de propos, d'autant plus que les mesures des vitesses ne sont qu'approximatives et que le modèle d'analyse a été établi au prix de quelques postulats (sans doute discutables) que nous rappelons brièvement :

- les comportements moyens sur un tronçon sont traduits par la moyenne arithmétique des vitesses moyennes de parcours du tronçon par l'ensemble des automobilistes observés (dont la plupart ne sont pas observés sur l'ensemble du tronçon) ;

- l'équivalent d'un nombre entier de véhicules est supposé avoir parcouru le tronçon sur toute sa longueur pendant la durée d'observation ;
- la variabilité, intra- et inter-individuelle est supposée pouvoir être gommée par le choix du terrain d'analyse et un découpage de rues par des "points-à-risque" ;
- la morphologie des tronçons de rues ainsi obtenus est traduite dans les grandes lignes, de façon schématique et agrégée.

Dans ces conditions, il semble pertinent de raisonner en "grandes tendances" (en *classes* de vitesse plutôt qu'en *valeurs* de vitesses). En termes d'analyse multidimensionnelle des données, cette démarche correspond bien à l'utilisation de variables qualitatives : d'un espace de dimension *p continu*, on passe à une juxtaposition, dans cet espace, d'hypercubes (plutôt : "hyper-parallélépipèdes rectangles"). L'Analyse des correspondances multiples apparaît alors comme un outil parfaitement adapté au caractère de ce travail qui, tenant à la fois de la théorie des réseaux, de l'ingénierie du trafic et d'études comportementales, doit être considéré non pas comme une tentative de modélisation opérationnelle, mais comme une pré-modélisation conceptuelle, justifiant la mise en œuvre d'une méthode relevant des statistiques non pas *inférentielles*, mais *exploratoires* : les données sont accueillies telles quelles et ce sont *elles* qui pilotent la mise en place des axes de représentation. L'analyse de la variance se fait *a posteriori* : les individus sont projetés sur des axes *non connus* avant l'analyse, puis **observés**³⁴². L'établissement d'un modèle peut faire l'objet d'une phase ultérieure.

Si les résultats obtenus sont tributaires des hypothèses simplificatrices évoquées précédemment, ils ne le sont pas, à notre sens, de la méthode employée, cette dernière étant remarquablement "neutre" (elle ne contient aucune loi de corrélation imposée, c'est-à-dire aucun présupposé quant à la forme des éventuels liens entre variables : forme linéaire, forme polynomiale, etc.). Évidemment, cette méthode aurait pu servir à analyser la base de données

342 Ce terme n'est pas employé par hasard : nous ne saurions trop insister sur le fait que l'Analyse des correspondances multiples n'est jamais qu'un **instrument d'observation** (au même titre qu'un microscope ou une lunette astronomique), permettant de *représenter différemment*, sous une forme plus lisible, de l'information contenue dans un tableau de données (si cette information est inexistante, ce n'est pas l'instrument qui la fera apparaître). C'est au chercheur d'interpréter ce que l'instrument lui permet de voir.

constituée à l'occasion de ce travail de manière plus fine que nous ne l'avons fait³⁴³.

En particulier, nous aurions pu proposer des éléments de réflexion sur les variables explicatives permettant d'opérer la distinction entre modalités "centrales" (modalités 2 et 3) des vitesses (quelles sont les variables morphologiques qui font la différence entre vitesses "moyenne faibles" et vitesses "moyennes élevées" ?).

Nous aurions également pu nous intéresser aux "divergences entre trajectoires" des variables de vitesses moyennes, VCIR et VMVT : minimales dans la projection du nuage sur le premier plan factoriel, ces divergences, sans doute liée à la plus ou moins grande propension à s'arrêter en fin de tronçon (quelles sont les variables morphologiques expliquant cette différence ?), s'accroissent au fur et à mesure que l'on aborde les facteurs suivants.

Des questions analogues auraient pu être posées à propos de la variable de vitesse VMAX.

343 Il eût fallu plus de temps... et d'expérience : l'interprétation des sorties d'une analyse des correspondances multiples (et plus généralement, d'une analyse factorielle) devient en effet de plus en plus difficile au delà du premier plan factoriel, d'autant plus qu'au fur et à mesure que l'on s'éloigne des premiers facteurs, les "oppositions" et "attractions" observées peuvent ne pas concerner la totalité du nuage de points, mais des sous-nuages.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le moment est venu de faire le bilan critique du chemin accompli au terme de ce travail ; dans ce bilan, nous nous proposons d'aborder essentiellement les points suivants :

pour commencer, nous rappelons brièvement le point de départ de cette recherche ainsi que les grandes lignes de la démarche poursuivie : modèle d'analyse, champ d'observation, méthode mise en œuvre ;

ensuite, les principaux apports de connaissance du travail entrepris sont évoqués, qu'il s'agisse de nouvelles connaissances d'ordre théorique ou de celles relatives à l'objet d'analyse ;

nous concluons par la présentation de quelques perspectives sous forme de propositions pratiques "à terme" (propositions ne devant évidemment pas être considérées comme normatives et de prétention universelle), mais également de pistes de recherche possibles qui pourraient utilement compléter, affiner, voire remettre en question les résultats de ce travail qui, comme tout travail de recherche, a vocation à enrichir les débats et alimenter la réflexion sur une question plus qu'à proposer une réponse durable à cette dernière.

A l'origine...

Le point de départ de cette étude est une question simple : en dehors des aménagements spécifiquement conçus pour accélérer (autoroute) ou pour ralentir (ralentisseurs de tous ordres) le trafic automobile - et exception faite des cas de figure triviaux (congestion) - quels sont les éléments formels caractérisant une voie urbaine et son environnement immédiat susceptibles d'influer de façon significative sur la vitesse des automobiles qui y circulent ? En d'autres termes, si l'on considère un élément d'infrastructure viaire sous un aspect fonctionnel unique, celui de vecteur de déplacements automobiles, est-il possible de mettre en évidence un lien entre cette fonction et la forme de cet élément d'infrastructure ?

Cette question - pouvant choquer par le caractère très simplificateur qu'elle prête à la rue, espace aux usages multiples par excellence - résulte du constat d'une opposition fréquente entre deux types d'approche dans l'étude de la ville en général, des voies urbaines en particulier : d'un côté, celles mettant l'accent sur la vocation circulatoire de la rue, cette dernière étant réduite à un "tuyau"

dont la seule fonction est le déplacement automobile (pour simplifier, nous les appelons "approches de l'ingénieur") ; de l'autre, celles qui traitent de la forme urbaine et considèrent la rue comme un espace, "oubliant" parfois la composante cinétique de cette dernière, l'automobile étant souvent considérée comme "source de tous les maux", venant "défigurer" cet espace (dans une vision simpliste, ce seraient les "approches de l'architecte"). Pourtant, un retour en arrière semble, du moins dans l'état actuel des choses, impossible : que cela nous plaise ou non, l'automobile (ou en tous cas, un moyen de transport individuel, quel qu'il soit) fait partie de la vie de tous les jours, même dans les centres-villes. De ce fait, une collaboration entre ingénieurs et architectes ne serait-elle pas plus souhaitable qu'une guerre perpétuelle ? Dans quelle mesure cette dernière ne résulte-t-elle pas d'une incompréhension réciproque ? Un moyen d'encourager une collaboration constructive ne passerait-il pas par l'éveil de l'intérêt des uns pour les aspects (de ce même objet qu'est la rue) traités par les autres... et vice versa ? C'est en tous cas ce point qui constitue l'une des motivations premières (il est trop tôt pour parler de "résultats") qui furent à l'origine de cette thèse dont l'objet est d'essayer de montrer de possibles enrichissements mutuels entre les deux types d'approches, en croisant certains aspects de la "morphologie urbaine" avec une acception possible de la "fonction circulation automobile" - la vitesse pratiquée.

La démarche suivie

L'élaboration du modèle d'analyse est articulée autour de deux cadres conceptuels - la psychologie des comportements appliquée au cas particulier du conducteur et la théorie territoriale des réseaux. Le premier est utilisé pour construire le modèle proprement dit, le second permet de délimiter un domaine d'application pertinent. Cette approche à deux entrées résulte d'un choix que nous avons fait au tout début de ce travail de recherche : par le rattachement à la théorie des réseaux, nous avons dans l'idée de contribuer à enrichir cette dernière par une tentative d'extension de la notion de point-de-réseau (élaborée à l'origine pour le seul cas du transport en commun) aux déplacements-automobiles individuels dans un cadre urbain dense. Cette notion semblait *a priori* pertinente pour analyser l'articulation entre réseau et territoire, car elle tient de l'un et de l'autre. Sa nécessaire adaptation au cas de la voiture

particulière est fondée principalement sur un développement de la notion d'*échelle de voie*.

Ce choix d'une approche duale a abouti à une traduction de la question initiale sous forme d'une hypothèse relative au fonctionnement du point-de-réseau, zone urbaine délimitée par des "axes de rabattement", et irriguée exclusivement par des voies d'échelle 0 : une caractéristique ou une combinaison de caractéristiques morphologiques de ces dernières favorise-t-elle un type de fonction-circulation automobile (traduite par une plage de vitesses pratiquées) plutôt qu'un autre ?

C'est pour tester cette hypothèse de sous-détermination de la fonction par la forme qu'a été élaboré le modèle proprement dit : définition de l'unité d'analyse de base, le tronçon d'échelle 0, entité indivisible et supposée pouvoir être caractérisée par une soixantaine de variables (construites également dans le cadre du modèle) traduisant de façon schématique mais complète l'ensemble des éléments de l'environnement visuel de l'automobiliste censés influencer sur le comportement (vitesse pratiquée) de ce dernier.

Sur le plan opératoire, ce modèle d'analyse fonctionnelle du point-de-réseau, teinté (très fortement) de behaviorisme et (faiblement) de typo-morphologie³⁴⁴, a nécessité la mise en place d'un certain nombre d'hypothèses simplificatrices, plus exactement de postulats, par définition invérifiables dans le cadre de cette recherche... bien que nous ayons essayé de les asseoir, dans la mesure du possible, sur des travaux existants. Il faut cependant avouer que la plupart du temps, leur fondement était intuitif et "de bon sens" (ce qui peut être dangereux dans un travail de recherche, où il faut se méfier des fausses évidences). Parmi ces hypothèses simplificatrices, rappelons simplement ici celle de la valeur heuristique d'un "comportement moyen", c'est-à-dire de la pertinence d'agréger des comportements individuels (traduits par la vitesse pratiquée) par le biais d'un indicateur de tendance central - la moyenne arithmétique. En fait, cette hypothèse est celle de l'existence d'un fort déterminisme du comportement par la "scène visuelle", se traduisant par des variations de vitesses inter- et intra-individuelles faibles dans une situation "non pathologique" donnée. C'est cette

³⁴⁴ Le parti de tenter une approche empruntant des éléments à différentes disciplines semble justifiable au sein d'un domaine - par essence pluridisciplinaire - tel que l'urbanisme.

hypothèse qui nous a permis de faire de la moyenne des vitesses de véhicules observés en différents endroits d'une voie urbaine *la* variable fonctionnelle du tronçon d'échelle 0.

Une fois le modèle établi, nous nous sommes mis en quête d'un terrain d'étude idoine. Le manque drastique de données adaptées à notre problématique nous a amené à effectuer des comptages de véhicules sur d'anciennes photographies aériennes (les seules que nous ayons trouvées) réalisées sur la ville de Paris en 1977 ; c'est dans ce cadre que nous avons sélectionné le terrain d'étude proprement dit, dont le choix a été dicté par l'ensemble des hypothèses simplificatrices utilisées (qui, sur ce terrain, peuvent être considérées comme "raisonnables").

Le choix de l'outil d'analyse s'est porté sur l'Analyse des correspondances multiples, méthode convenant parfaitement au caractère exploratoire de ce travail ; l'ensemble des données recueillies - aussi bien les données de trafic (obtenues par comptages sur photographies aériennes) que morphologiques (visites sur le terrain, recueils sur plans...) - ont été codées en variables qualitatives (définition de classes) de format adapté à la méthode retenue.

Résultats théoriques

Nous en évoquerons trois : la possibilité d'une généralisation de la notion de point-de-réseau au cas de la voiture particulière ; l'impact de la scène visuelle sur le comportement de l'automobiliste ; l'extension de la notion d'échelle aux réseaux de transport.

Point-de-réseau et voirie urbaine

Le premier résultat que nous mentionnerons peut, à notre sens, être considéré comme un enrichissement de la théorie des réseaux. D'une part, nous confirmons la validité du modèle du point-de-réseau étendu au cas du transport urbain individuel. D'autre part, l'analyse fonctionnelle proposée apporte des éléments de réflexion sur le rapport entre territoire et réseau irriguant, notamment sous l'aspect des "interactions physiques" entre le premier et le

second, le point-de-réseau pouvant en effet être considéré *à la fois* comme espace de contact entre territoire et réseau viaire "adapté à l'automobile" *et* comme réseau local constitué exclusivement par des tronçons d'échelle 0. La finalité "circulatoire" de ces derniers se réduit au rabattement (sur des infrastructures d'échelles supérieures) des flux automobiles dont l'origine est à l'intérieur du point-de-réseau, *ou* à l'irrigation "fine" de ce dernier (trajet entre axe de rabattement et destination finale). Comme résultat accessoire (d'un intérêt relativement restreint, et sans doute spécifique à certaines villes françaises), on peut évoquer aussi la méthode de délimitation des points-de-réseau, ne nécessitant pas le recours à l'étude des flux automobiles : en première approximation, une variable facilement observable - la largeur entre façades - est suffisante, car très significativement discriminante au delà d'une "valeur critique". Ainsi, chaque maille du graphe associé au réseau constitué par des voies d'une largeur supérieure ou égale à 25 mètres peut être considérée comme un point-de-réseau.

Dans le cadre de l'échantillon traité, la décomposition du réseau viaire (analysable, conformément à la théorie des réseaux, comme une superposition des trois niveaux : réseau-support, réseau-service³⁴⁵, réseau-d'information) en deux catégories d'infrastructures, s'est révélée être pertinente :

- La première assure la desserte interne des "points-de-réseaux" et donc le "contact" entre réseau et territoire au prix d'interactions très significatives, interactions multidimensionnelles, situées sur de nombreux plans, et essentiellement de type réseau-support/réseau-service.

- La seconde est constituée par des voies "extra-territoriales", assimilables - du point de vue de la circulation automobile à laquelle elles sont adaptées - à des tuyaux, et sur lesquelles la régulation de la vitesse de transmission des flux serait le fait (quasi-) exclusif d'aménagement spécifiques (interactions réseau-d'information/réseau-service)... et des flux eux-mêmes (interactions réseau-service/réseau-service)³⁴⁶.

³⁴⁵ service assuré par les acteurs-automobilistes eux-mêmes, bien évidemment.

³⁴⁶ Nous présentons volontairement ce résultat de manière schématique ; mais il est clair que la réalité n'est pas aussi tranchée, la séparation entre ces deux "situations-type" pouvant être floue du fait de l'existence très probable de configurations intermédiaires. L'étude de ces dernières sortirait cependant du cadre de cette thèse, où nous avons essayé avant tout de délimiter de manière aussi précise que possible la première catégorie de voies - les tronçons d'échelle 0, éléments constitutifs des points-de-réseau.

Évidemment, la question d'une possible généralisation reste ouverte : généralisation à d'autres terrains d'étude (la notion de point-de-réseau telle que nous l'avons définie est-elle pertinente en dehors du cadre d'un tissu urbain dense ?), généralisation à d'autres échelles de voies (y-a-t-il imbrication ascendante de mailles constituées par différentes échelles de voies ?).

La scène visuelle comme régulateur de vitesse

Le second résultat s'inscrit dans la continuité de travaux antérieurs fondés sur les théories du comportement : nous pensons tout particulièrement au travail de thèse de Yarob Badr dont le "cadre intégral" a été testé ici avec succès dans un cas plus complexe que celui d'un axe routier rectiligne important traversant une petite agglomération³⁴⁷. En particulier, la prépondérance fréquente de la paroi gauche du tronçon (celle la mieux perceptible par l'automobiliste, mais *a priori* moins génératrice de "danger") dans le rôle des caractéristiques formelles sur la vitesse tendrait à valider le modèle de Gibson et Crooks - l'un des fondements du "cadre intégral" de Yarob Badr - selon lequel certains éléments de la scène visuelle, pourtant non expressément liés au risque inhérent à la conduite automobile (obstacles réels ou potentiels), pourraient influencer significativement sur le comportement du conducteur traduit en termes de vitesse.

Comme précédemment, la question d'une généralisation ne manque pas d'intérêt : en particulier, la méthode proposée est-elle applicable ailleurs qu'au sein de quartiers (relativement) anciens ? Pourrait-elle être étendue à divers cas d'urbanisation moderne ?

La réponse n'est pas immédiate : en effet, la méthode que nous proposons est fondée sur la description morphologique d'un *espace* - qui plus est, d'un espace *clos* (parois latérales et frontale, plancher, plafond) - émetteur d'informations *visuelles*.

Dans un environnement où le bâti est discontinu et très en retrait par rapport à la chaussée (dans un lotissement de banlieue, par exemple), ce présupposé consistant à assimiler un tronçon à une "chambre", un "espace intérieur", serait

347 BADR, Y. -*Influence de l'environnement routier sur le comportement des conducteurs*, op. cit.

sujet à caution. Cependant, on pourrait décliner différemment les six éléments de l'environnement visuel du modèle de Gibson et Crooks de manière à construire des variables morphologiques mieux adaptées à ce type d'espace : la méthode générale que nous avons proposée reste donc valable.

Dans d'autres cas, la mise en œuvre de cette dernière nécessiterait sans doute une réflexion préalable plus approfondie : si, comme l'écrit Robert Venturi³⁴⁸, certaines formes d'urbanisation, conçues pour l'automobile, sont caractérisées par une architecture "commerciale" *anti-spatiale*, faite de styles et d'enseignes, où la *communication domine l'espace*, ce ne serait plus une description formelle de la scène visuelle qu'il faudrait proposer, mais une description faisant intervenir le message avant tout symbolique, débordant nos concepts de "forme" et "d'espace urbain", transmis par un environnement visuel constitué principalement d'enseignes. Cet espace à la texture vaste et expansive n'a plus aucun rapport avec Camillo Sitte ou Haussmann, pas plus d'ailleurs qu'avec Lynch ou la Ville Radieuse ; il n'est "*ni contenu ni clos comme l'espace médiéval ; il n'est pas non plus équilibré et proportionné classiquement comme l'espace Renaissance, ni rassemblé en un mouvement rythmiquement ordonné comme l'espace baroque, ni fluide comme l'espace moderne autour des déterminants libres d'espace urbain*"³⁴⁹.

S'agit-il pour autant d'un espace chaotique ? Ne faudrait-il pas parler plutôt d'un "ordre spatial nouveau", où "*les relations spatiales sont établies par des symboles plutôt que par des formes*", et où, par conséquent, "*l'architecture dans le paysage devient symbole dans l'espace plutôt que forme dans l'espace*"³⁵⁰ ?

Si tel est le cas, il est clair que pour ce type d'urbanisation, des variables intégrant ces données nouvelles³⁵¹ restent à établir pour décrire l'espace. La méthode d'analyse proposée ne s'en trouve cependant pas invalidée.

348 VENTURI, R. ; SCOTT BROWN, D. ; IZENOUR, S. -*L'enseignement de Las Vegas ou le symbolisme oublié de la forme architecturale*, Pierre Mardaga éditeur, Bruxelles, 1977 (traduit de *Learning from Las Vegas*, Massachusetts Institute of Technology, MIT Press, 1977).

349 VENTURI, R., p.87.

350 VENTURI, R., p.27.

351 "Ah ! Quelles enseignes ! Elles s'élancent en des formes devant lesquelles le vocabulaire de l'histoire de l'art reste muet. Je ne puis qu'essayer de leur fournir des noms - boomerang moderne, palette curvilinéaire, Flash Gordon Ming-spirale vigilante, parabole McDonald's hamburger, Mint Casino elliptique, haricot de Miami Beach." (WOLFE, T. -*The Kandy-Colored Tangerine-Flake Streamline Baby*, Noonday Press, New York, 1966, p.8 ; cité par Robert Venturi, op. cit., p.65).

Comme troisième résultat théorique, sans doute marginal par rapport à l'objet de cette thèse, mais méritant d'être signalé, évoquons les quelques éléments de réflexion sur la notion d'échelle appliquée au cas particulier des réseaux. Nous pensons pouvoir qualifier de "théoriques" les résultats de cette démarche intermédiaire (qui, rappelons-le, constituent une étape dans le raisonnement ayant amené la proposition d'extension du modèle de point-de-réseau) dans la mesure où, une fois généralisée à d'autres types de réseaux, la notion d'échelle pourrait déboucher sur un outil de modélisation des plus précieux. L'exemple d'une étude réalisée pour le SETRA³⁵² est particulièrement illustratif de l'intérêt de tels outils : l'objet de ce travail était de comparer les réseaux autoroutiers des pays membres de la C.E.E. Compte tenu des objectifs, seules étaient retenues les villes "d'intérêt européen", sélectionnées sur la base de critères précis (tels que la population, par exemple). Dans la mesure où l'on se plaçait à un niveau "européen", une telle simplification était justifiée. Mais il eût été logique d'opérer une sélection analogue parmi les tronçons autoroutiers à prendre en compte (en éliminant ceux "d'intérêt local" ou "d'intérêt régional"), ce qui a été fait de manière artificielle et intellectuellement peu satisfaisante. La notion d'échelle (en l'occurrence : échelle européenne), correctement formalisée, n'aurait-elle pu jouer le rôle de critère sélectif de tout premier ordre ?

Résultats pratiques

La séparation entre résultats théoriques d'un côté, résultats pratiques (ou opérationnels) de l'autre, comporte évidemment une part d'arbitraire : en fait, nous opérons cette distinction uniquement sur le critère des possibilités d'application plus ou moins directes (mais qu'est-ce qu'une application "directe" ?) auxquelles *nous* avons pensé dans le domaine de la planification urbaine.

Dès l'abord, précisons que compte tenu de l'ancienneté des informations concernant le trafic, recueillies dans le cadre de ce travail, la base de données

³⁵² JIANG, J. ; STRANSKY, V. -*Le réseau autoroutier européen : une évaluation à l'aide de la Théorie des graphes*, Étude pour le SETRA, Paris, 1993.

que nous avons été amenés à constituer ne présente pas, en soi, un intérêt immédiat (seulement "historique", si l'on peut dire...) ; il semble donc inutile de reprendre ici les quelques chiffres (concentrations, vitesses, débits, nombre de véhicules en stationnement...) qui, s'ils étaient récents, auraient le mérite de contribuer à une meilleure connaissance de l'état actuel du trafic dans certains quartiers parisiens.

Variables explicatives de la vitesse pratiquée

Le premier résultat est la "réponse" à la question initiale, réponse encore juste ébauchée et nécessitant certainement d'être confirmée et étoffée, soit par l'expérience (en la testant sur d'autres terrains d'analyse), soit par une démarche plus explicative (c'est un travail pour psychologues et ergonomes). Pour ce qui est de la confirmation par l'expérience, nous ne saurions trop insister sur la nécessité de changer de méthode de recueil de données - la thèse contient d'ailleurs des pistes possibles pour alléger cette phase excessivement lourde. Mais pour en revenir aux résultats, rappelons succinctement les principaux, c'est-à-dire les variables supposées explicatives des niveaux de vitesse pratiqués :

- Une longueur inférieure à 100 m (ce n'est qu'un ordre de grandeur) et un achèvement du tronçon en "T" seraient déterminants pour les niveaux de vitesse "très faibles" (9 à 19 km/h).

- Certaines variables morphologiques auraient un effet structurant important : la largeur moyenne de parcelles donnant sur le tronçon du côté gauche (côté le mieux perçu par le conducteur), par le "rythme" (striage) qu'elle donne au tronçon et l'impression de vitesse qui en résulte³⁵³, jouerait un rôle "d'accélérateur" ou de "frein", suivant sa valeur. Des diminutions significatives de hauteur d'immeubles bordant le tronçon du côté gauche (le mieux perçu par le conducteur) inciteraient à la vitesse (impression "d'espace" ou de "dégagement" accrue ?). La densité de croisements avec d'autres tronçons aurait un effet ralentisseur considérable. Un achèvement du tronçon sur une place

353 impression d'autant plus grande que ce striage est serré ; cet effet ne serait valable qu'en deçà d'une valeur-seuil de l'ordre de 50 m pour laquelle la notion de rythme n'a vraisemblablement plus de sens.

inciterait à la vitesse (impression de dégagement ou de plus grande longueur du tronçon, ou anticipation d'une meilleure visibilité probable ?). Le fait de circuler à l'ombre jouerait également un rôle accélérateur très significatif.

- Parmi les variables de contrôle (ne pouvant être considérées comme morphologiques), seule la concentration de trafic semble avoir un impact (quoique faible) sur la vitesse (il faut dire que tout avait été fait, lors de la délimitation du terrain d'étude, pour atténuer le rôle de cette variable) : en deçà d'une densité de trafic *moyenne* d'une voiture pour 200 m de voie, le mouvement des véhicules peut être considéré comme libre ; pour des valeurs (toujours moyennes) comprises entre un véhicule tous les 200 m et un véhicule tous les 50 m de voie, l'influence de la présence d'autres véhicules commence à se faire sentir (la vitesse commence à devenir légèrement "contrainte") ; au delà de un véhicule tous les 50 m de voie, le "poids" de la concentration de trafic devient déterminant. Toutes ces valeurs (qui - notons-le au passage - ne tiennent aucun compte de la répartition des véhicules sur le tronçon) ne sont que des ordres de grandeur.

- Parmi les variables "mixtes" (partiellement morphologiques), la densité moyenne de vitrines donnant sur le tronçon (aussi bien côté droit que côté gauche) structurerait très fortement la vitesse moyenne de parcours de ce dernier, dans la mesure où l'on observe une véritable "proportionnalité inverse" entre les deux variables : ainsi, pour une valeur moyenne d'une vitrine tous les 200 m environ, la plage de vitesses (moyennes) la plus fréquente est de 28 à 45 km/h ; pour des densités approximatives d'une vitrine tous les 70 m, elle est de 24 à 27 km/h ; pour une moyenne d'une vitrine tous les 30 m, on passe à la plage des 20 à 23 km/h ; enfin, lorsque la densité de vitrines atteint une valeur de l'ordre d'une vitrine tous les 20 m, les vitesses moyennes les plus fréquemment rencontrées se situent entre 9 et 19 km/h. Évidemment, notre propos n'est pas de conclure à un lien de cause à effet entre vitesse et densité de vitrines, cette dernière pouvant n'être qu'un indicateur d'une réalité plus complexe.

La seconde variable que nous avons retenue est la densité de portes cochères du côté gauche du tronçon (côté le plus "présent" dans la scène visuelle du conducteur), variable qui semble elle aussi avoir un effet ralentisseur significatif, mais dont le rôle est difficile à mettre en évidence dans la mesure où il est

vraisemblablement contrecarré par celui des vitrines (lien négatif très compréhensible entre densité de vitrines et densité de portes cochères).

Enfin, il est intéressant de noter la faiblesse de l'impact de la largeur utile (pour la circulation) du tronçon (dernière variable mixte que nous évoquons), le seul effet perceptible étant celui d'un "ralentissement statistique" induit par une largeur utile par voie étriquée, i.e. inférieure à l'unité de passage standard (dont nous avons fixé la valeur à 2,30 m). Ce résultat est intéressant dans la mesure où il est en désaccord avec les conclusions de la thèse de Yarob Badr (dont nous avons repris partiellement, en l'adaptant, le modèle d'analyse) qui, sur un échantillon de routes principales traversant des petites agglomérations, avait montré le rôle capital de différents types de largeurs. Notre travail semble montrer que ce résultat ne peut être étendu à la voirie urbaine, où un grand nombre d'autres caractéristiques jouent un rôle bien plus important.

Bien entendu, tous ces résultats doivent être considérés avec réserves, dans la mesure où il ne s'agit que d'hypothèses suggérées par l'Analyse des correspondances.

Pour ce qui est de leur usage à des fins opérationnelles, il est à envisager sous deux angles :

- Celui du "transporteur", qui peut tirer parti du cadre bâti existant et de ses caractéristiques morphologiques comme d'un limiteur (ou accélérateur) "naturel" de vitesse (au même titre que diverses configurations d'une route de rase campagne, liées à des conditions naturelles locales : relief, végétation, hydrologie...).

- Celui de "l'aménageur", qui propose la morphologie qu'il faut là où il faut selon l'usage automobile prévu pour tel ou tel tronçon.

L'application immédiate des résultats n'est pas évidente ; toutefois, leur intérêt heuristique semble réel : alors que les dispositifs ralentisseurs (objet incitant l'automobiliste à ralentir "*en créant une contrainte de conduite par modification d'une ou plusieurs caractéristiques techniques de la route*"³⁵⁴) sont relativement connus, de même que leur effet sur la vitesse et leurs inconvénients (problème de bruit pour les "bandes sonores" ou les "bandes rugueuses, dispositifs par ailleurs très

354 MACHU, M. - "Les différents types d'équipement destinés à réduire la vitesse en ville", in CETUR, *Vitesse et sécurité en ville - Action sur les comportements et choix des équipements*, op. cit. pp. 53-61.

efficaces), l'influence et les possibilités des "aménagements paysagers"³⁵⁵ ne sont pas encore maîtrisées. Une meilleure connaissance des effets de ces derniers est d'autant plus souhaitable que, comme le note Geneviève Dubois-Taine, *"le seul recours aux équipements de la route, à la signalisation, ou à un certain nombre d'artifices ne [suffit] absolument pas"*³⁵⁶. Nous espérons que notre recherche aura contribué, à sa manière, à une meilleure connaissance des éléments de "l'environnement urbain" dont ce type d'aménagement pourrait tirer parti.

Typologie des tronçons d'échelle 0

Le second résultat, bien qu'étant annexe par rapport à notre questionnement, mérite d'être rappelé : il s'agit de la typologie de tronçons à l'intérieur du point-de-réseau. En effet, ce résultat est intéressant à plus d'un titre.

Tout d'abord, il vient relativiser la confirmation du modèle du point-de-réseau évoqué plus haut : si la notion de "tronçon d'échelle 0" semble maintenant pertinente, cette catégorie particulière de voies urbaines présente des disparités très significatives, disparités telles qu'il a fallu - au cours de la démarche visant à répondre à la question centrale de la thèse - "écrêter" l'échantillon de tronçons étudié en éliminant ceux où aucun véhicule n'a été observé ainsi que ceux où la concentration de trafic - élevée - jouait un rôle prépondérant par rapport aux autres variables mises en jeu. Le postulat d'homogénéité des tronçons d'échelle 0 n'est donc vérifié que dans une certaine mesure : s'il existe effectivement (par construction) un véritable hiatus (en termes de flux automobiles) entre tronçons délimitant le point-de-réseau et tronçons qu'il contient, ces derniers comportent, en première approximation, trois types bien distincts : les tronçons "de desserte ultra-locale" (ou "barreaux d'échelle"), les "collecteurs locaux", et les tronçons "express transcendants". Cette typologie, tout juste esquissée, n'en constitue pas moins l'embryon d'un travail de recherche sur le lien entre morphologie et fonction d'un réseau viaire, mais dans une autre optique que celle adoptée dans le cadre de cette étude : au lieu de s'intéresser au lien "tactique" (entre la vitesse d'un véhicule pendant la

355 faisant partie de la catégorie des "dispositifs d'alerte", dont l'objet est de "créer sur la route un évènement susceptible de faire passer un automobiliste à une situation de conduite concentrée" (MACHU, art. cit., p.59).

356 DUBOIS-TAINE, G. - "Les relations entre la perception de l'environnement et le comportement des usagers - l'état des recherches", in CETUR, *Vitesse et sécurité en ville - Action sur les comportements et choix des équipements*, op. cit. p. 21.

traversée d'un tronçon et la morphologie de ce dernier), il s'agirait de reposer la question en termes "stratégiques" (lien entre morphologie et fonction-déplacement, cette dernière combinant la vitesse, le débit, et la nature des flux supportés en termes d'origines et de destinations). Certes, pour mener à bien une telle investigation, l'extension du corpus d'analyse à une zone plus importante serait souhaitable, ce qui nécessiterait un travail de recueil de données complémentaire. Cependant, une première approche pourrait simplement consister à affiner la typologie tricéphale proposée par une recherche d'autres regroupements (sous-nuages) de points (en dehors des trois pôles mis en évidence) par le biais d'un élargissement de l'étude à d'autres axes factoriels, mais également par le recours à une véritable méthode de classification adaptée à l'élaboration d'une typologie : la Classification Ascendante Hiérarchique. Par ailleurs, des vérifications "à moindres frais" (en termes de recueil de données) du bien fondé d'une telle typologie pourraient être menées en parallèle grâce à un recours judicieux à la technique des éléments supplémentaires : par exemple, on pourrait choisir quelques tronçons de rues (dans différents quartiers parisiens) dont on a une "connaissance préalable" quant à leur appartenance à tel ou tel type (ainsi, des tronçons issus de la rue de Charenton - à sens unique, assez peu fréquentée, et reliant des points assez éloignés de la ville - pourraient vraisemblablement être considérés *a priori* comme le type idéal des tronçons "express-transcendants" - éléments d'une chaîne formant un "itinéraire bis"), et de les replacer en éléments supplémentaires dans le nuage de points afin de vérifier si d'un point de vue *multicritère* (les 51 variables à la fois), ils se positionnent bien dans la zone de l'hyper-espace correspondant au type prévu. Des extensions à des tronçons pris dans d'autres villes pourraient également être envisagées, afin de tester le caractère plus ou moins universel de cette typologie.

L'intérêt opératoire de cette dernière n'est pas évident ; néanmoins, dans une vision un peu futuriste, ne pourrait-on pas imaginer qu'elle soit à la base d'un système, fondé sur les logiques floues (*fuzzy logic*), d'orientation automatique à l'intérieur d'une ville ? Un automate doté d'une base de données codée de façon floue et d'une "intelligence artificielle" serait ainsi à même de reconnaître chaque type de voie et de retrouver son chemin dans la ville en repérant (perception par caméra vidéo ou tout autre capteur optique jumelé à un logiciel de reconnaissance de formes) quelques "caractéristiques formelles clé" de son

environnement immédiat et en y appliquant quelques règles simples. Par exemple, *"forte densité vitrines et double sens de circulation"* signifie : *"je me trouve (avec une probabilité de x % de me tromper) à l'intérieur d'un collecteur local ; donc si je le suis, j'arriverai probablement à un axe de rabattement"*. Il s'agit évidemment plus d'une piste de recherche "à terme" que d'une application opérationnelle *stricto sensu*...

Comme autre application (plus immédiate) de cette typologie interne aux points-de-réseau, on pourrait imaginer l'étude systématique des tronçons "transversiers", plus précisément des "chaînes" qu'ils forment, mais à une échelle plus vaste (par exemple pour toute la ville de Paris) : ces chaînes constituent-elles un *réseau "d'itinéraires bis"*, peu fréquentés (car connus de quelques rares "initiés") et permettant de se déplacer relativement rapidement d'un bout à l'autre de la ville, tout en évitant les "axes de rabattement" encombrés ? Si l'intérêt heuristique d'identifier de tels itinéraires semble évident (avoir une meilleure connaissance des déplacements automobiles à Paris), l'intérêt opératoire (améliorer les conditions de trafic) l'est nettement moins : en supposant qu'ils existent, ces itinéraires ne sont-ils pas précieux justement par le fait qu'ils sont méconnus ? Leur "divulgaration" n'entraînerait-elle pas, à très court terme, leur encombrement chronique, au même titre que d'autres "axes de rabattement" ?

La photographie aérienne - méthode robuste de recueil de données

Le troisième "résultat" concerne la méthode de recueil de données de trafic que nous avons utilisée - la photographie aérienne. Malgré la lourdeur de la tâche "d'extraction de l'information", cette technique apparaît réellement comme un moyen privilégié pour l'étude détaillée du trafic automobile, notamment par son côté exhaustif et par la possibilité qu'elle offre d'éliminer facilement (*de visu*) les cas "aberrants". Pour peu que la phase de photo-interprétation puisse être automatisée (nous avons vu que les techniques existent), nous pensons que la photographie aérienne en tant que méthode de recueil de données de trafic a des potentialités importantes et mériterait de ce fait d'être utilisée plus souvent : par exemple, une série de clichés pris à des intervalles de temps très courts (une seconde ou moins) permettrait de construire des profils de vitesses (vitesse d'un véhicule en fonction de sa position dans le tronçon) très détaillés, et donc

d'étudier de façon extrêmement fine d'éventuelles influences locales (et non plus relatives au tronçon pris dans sa globalité) de la morphologie sur la vitesse (étude systématique des "pics" et des "creux" sur la courbe des profils des vitesses, et recherche des causes "morphologiques" de ces irrégularités) et de la variabilité inter-individuelle de ce genre de phénomènes.

Et maintenant ?

Nous sommes conscients du fait que le travail accompli ne constitue qu'une étape dans un domaine encore peu étudié ; partant de cette ébauche, des pistes de recherche mériteraient d'être explorées. Nous en proposons deux :

Passer du qualitatif au quantitatif

La première et la plus évidente de ces pistes consisterait simplement à mieux tirer parti de la base de données que nous avons établie, et qui n'a été exploitée que partiellement. Dans un premier temps, il faudrait vraisemblablement refaire l'analyse des correspondances croisant vitesses et autres variables, mais en ne gardant parmi ces dernières que celles dont le rôle structurant de la vitesse a été confirmé par les tris croisés, peut-être en éclatant certaines modalités de variables pour confirmer et affiner certaines valeurs-seuil. Cette première phase pourrait également être l'occasion de préciser les différences entre vitesses moyennes tenant ou ne tenant pas compte des véhicules à l'arrêt (c'est un point que nous avons laissé de côté dans le cadre de notre travail). Ensuite, il serait nécessaire de procéder à une vérification systématique (tris croisés entre l'ensemble de ces variables morphologiques et de contrôle par elles-mêmes) afin de confirmer ou d'infirmer les hypothèses de dépendance de certaines de ces variables explicatives entre elles. Enfin, une fois dégagées les variables (ou les groupes de variables) réellement structurantes, il serait possible de passer du qualitatif au quantitatif, à savoir tenter de trouver les lois (pas forcément linéaires) liant une vitesse à une variable morphologique, et calculer le coefficient de corrélation, ce qui rendrait possible la mesure des "poids" respectifs des différentes variables.

L'intérêt d'une telle recherche est évident : ces résultats quantitatifs permettraient d'élaborer un modèle prédictif, qui pourrait être testé sur un

terrain n'ayant pas servi à le calibrer (valeurs des paramètres), afin de vérifier son "caractère universel". En d'autres termes, il s'agirait de mettre au point un modèle du type :

Vitesse = F(vitrines, largeurs, portes cochères, etc.)

Ne nous cachons pas que c'est un travail de longue haleine : si l'on connaît les principales variables explicatives (à supposer que notre travail d'interprétation soit correct), si l'on sait à peu près dans quel sens "joue" chacune d'entre elles, on ignore encore tout de leurs "intensités" respectives, de la forme de la fonction les liant à la vitesse, de leur éventuelle dépendance...

Vérifier la pertinence du "comportement moyen"

La seconde piste remonterait plus en amont de la recherche : nous avons proposé un modèle, sans doute attaquable à différents niveaux (hypothèses simplificatrices, divers problèmes d'ordre méthodologique que nous avons évoqués plus haut), dont le principal point faible nous semble être lié à l'usage de la moyenne : "ambiance moyenne" du tronçon (la même d'un bout à l'autre), "comportement moyen" du conducteur... *doublement* moyen en fait, puisque nous postulons qu'il est possible de définir un profil de vitesse type : en **tout** point du tronçon, **tous** les automobilistes sont ainsi censés se comporter *grosso modo* de la même manière. Malgré les précautions que nous avons prises - notamment en matière de choix du terrain - c'est là un point qui mériterait d'être vérifié.

Théoriquement, c'est possible, mais à deux conditions :

- pouvoir disposer de données plus fines (de l'ordre de la seconde, pour avoir un nombre de points représentatifs suffisants tout au long du tronçon) ;
- pouvoir disposer d'une méthode de recueil de l'information plus rapide : nous avons envisagé de tenter d'établir des profils de vitesse approximatifs (avec le pas de six secondes), mais nous y avons renoncé, car cette démarche aurait considérablement alourdi (sans doute doublé le temps nécessaire) la méthode de recueil... pourtant déjà suffisamment lourde.

Ce travail nécessiterait vraisemblablement la mise en place d'un protocole expérimental (incluant un recueil de données *ad hoc*) spécifique, mais à notre avis, il en vaudrait la peine.

Les modèles s'inspirant du behaviorisme étaient tombés dans l'oubli : considérés comme démodés, trop réductionnistes, ils ont été rejetés avant d'être expérimentés. N'est-ce pas dû, dans une certaine mesure, au fait que ces modèles datent d'une époque où les puissants outils méthodologiques de Benzecri, permettant de prendre en compte un grand nombre de variables en même temps, n'étaient pas encore opérationnels ? Dans ce cas, notre travail constituerait une tentative de réutilisation d'anciennes théories grâce à des méthodes d'analyse (relativement) nouvelles.

ANNEXES

ANNEXE 1

Les méthodes d'analyse des réseaux³⁵⁷.

L'objet de cette annexe est de compléter la présentation de la théorie des réseaux en évoquant les outils permettant d'analyser les réseaux en prenant en compte leur *forme* d'une manière ou d'une autre (la "forme" étant l'un des éléments-clés de cette thèse).

Nous avons regroupé ces outils en deux rubriques : les méthodes s'intéressant à la morphogénèse des réseaux, et celles permettant d'étudier la structure de ces derniers.

Analyses diachroniques : morphogénèse des réseaux³⁵⁸

Ce type d'étude ne doit pas être confondu avec les analyses historiques (bien que souvent il soit nécessaire de recourir à des travaux historiques, lorsqu'ils existent).

L'objet des analyses diachroniques des réseaux est en premier lieu l'étude des lois d'évolution des infrastructures de réseaux : "*Qu'elles s'expriment en termes quantitatifs, ou qualitatifs, qu'elles paraissent déterministes ou probabilistes, qu'elles soient globalisantes ou partielles, leur connaissance est toujours un préalable nécessaire à l'intervention de l'urbanisme des réseaux*"³⁵⁹.

De telles "lois", combinant bien évidemment de nombreux facteurs - aussi bien économiques et technologiques que juridiques et politiques (sans oublier les règles données par la compagnie gestionnaire du réseau) et représentant autant de contraintes territoriales affectant la morphogénèse des réseaux - ne peuvent en général être observées que sur des temporalités longues (une infrastructure de réseau évolue dans la longue durée).

357 Pour effectuer ce survol rapide d'outils et de méthodes existants, nous nous appuyons essentiellement sur un ouvrage : DUPUY, G. -*L'urbanisme des réseaux*, op.cit., en particulier le chapitre VII (pp.127-163).

358 cf. OFFNER, J.-M. - "Le développement des réseaux techniques : un modèle générique", in *Flux*, n°13/14, Juillet-Décembre 1993, pp. 11-18.

359 DUPUY, G. -*L'urbanisme des réseaux*, op.cit., p.128.

La recherche de ces lois, notamment de lois quantitatives, s'accompagne souvent de tentatives de modélisation de l'évolution des réseaux, tentatives ayant souvent échoué : *"Cela tient entre autres à la difficulté de collecter un très grand nombre de données pour "nourrir" convenablement des modèles qui ne soient pas trop simplistes"*³⁶⁰.

À titre illustratif, nous ne citons - parmi les tentatives ayant abouti - que deux exemples : celui du modèle d'Anderson (diffusion des réseaux d'eau en Nouvelle Angleterre)³⁶¹, et celui du modèle morphologique de Serge Thibault, fondé sur la théorie des fractales³⁶² appliquée à l'étude de l'extension des réseaux d'assainissement (eaux pluviales uniquement) sur les communes de l'agglomération lyonnaise³⁶³.

On peut citer également, parmi les outils théoriques pouvant servir de base à l'analyse de la morphogénèse des réseaux, la théorie physique de la percolation, qui *"permet de rendre compte de la dynamique de constitution d'un réseau, en identifiant un seuil de percolation en deçà duquel la connectivité des arcs de l'infrastructure est insuffisante pour permettre une circulation fluide des flux transmis, et au-delà duquel, au contraire, le réseau prend naissance"*³⁶⁴.

360 DUPUY, G. -*L'urbanisme des réseaux*, op. cit., p.129

361 ANDERSON, L. -"Fire and Disease : the Development of Water Supply Systems in New England, 1870-1900", in TARR, J. ; DUPUY, G. -*Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America*, Philadelphie, Temple University Press, 1988.

362 Née à l'origine de l'étude "au cas par cas" de figures géométriques non descriptibles par l'analyse classique, la géométrie fractale a vu le jour au tout début des années 60 grâce au génie et la ténacité du mathématicien français d'origine polonaise Benoît Mandelbrot, qui parvint à intégrer l'ensemble de ces éléments épars (pour lesquels il inventa le nom de fractales) au sein d'une véritable théorie mathématique, la Théorie des fractales. Cette dernière devint vite un auxiliaire précieux pour analyser de nombreux phénomènes dans des domaines aussi variés que la géologie (formation de cristaux), la dynamique des fluides (diffusion d'un liquide dans un milieu poreux), la physique et la chimie des matériaux (structure du front de diffusion entre deux matériaux), la météorologie (formation des nuages), la botanique (simulation de la croissance de végétaux), l'économie (études des fluctuations des cours de la bourse). Plus récemment, des applications aux résultats prometteurs de cette théorie ont été réalisées pour analyser l'extension de zones urbanisées, la répartition spatiale d'activités ou de type de bâti au sein d'une ville, la morphogénèse des réseaux de transports... Le lecteur intéressé trouvera les références traitant de l'application de la théorie des fractales à l'urbanisme et aux réseaux dans la partie Bibliographie de cette thèse. Le lecteur intéressé par les aspects théoriques pourra se référer à l'ouvrage : LE MEHAUTE, A. -*Les géométries fractales*, Hermès, Paris, 1990.

363 THIBAUT, S. -*Modélisation morpho-fonctionnelle des réseaux d'assainissement urbain à l'aide du concept de dimension fractale*, op. cit.

364 CURIEN, N. -"D'une problématique générale des réseaux à l'analyse économique du transport des informations", in *Réseaux territoriaux*, publié sous la direction de Gabriel Dupuy, Paradigme, Caen, 1988, pp. 211-228.

Le principal outil mathématique permettant ce genre d'analyse est la théorie des graphes, qui constitue réellement "l'outil fondamental de base" d'analyse de la structure des réseaux.

Formalisée dans les années 1930 par König, cette théorie n'a connu son heure de gloire (pour l'étude des réseaux) que dans les années soixante, car son application à des cas concrets nécessite des puissances de calcul que seuls les ordinateurs peuvent fournir³⁶⁵.

Les études et travaux de recherche ayant utilisé des éléments de cette théorie (donnant souvent lieu à des adaptations, des ajouts, des transformations rendus nécessaires par la spécificité de chaque cas) sont innombrables, et il est évidemment hors de question d'en dresser ici la liste ou d'en faire un bilan³⁶⁶.

Basiquement, la théorie des graphes permet d'analyser ce que l'on pourrait appeler les "caractéristiques fondamentales des réseaux" : connexité, connectivité, homogénéité, isotropie... autant de mesures - parmi d'autres - permettant de *"décrire les réseaux à accessibilité discrète, c'est-à-dire dont les points d'accès sont dénombrables, en quantifiant la présence de nœuds, d'arcs et de cycles. Elle apporte donc en particulier des éléments de mesure aux notions qualitatives de réseaux maillés ou hiérarchisés"*³⁶⁷.

Ce sont surtout les propriétés ajoutant une dimension spatio-temporelle (ou cinétique, ce qui revient au même dans le cas qui nous occupe) aux propriétés purement topologiques qui nous intéressent : la relation "réelle" est d'autant plus proche du projet transactionnel que le chemin est direct et la vitesse élevée (lorsqu'il s'agit de transporter de la matière) ; au contraire, *"tout ce qui d'une façon ou d'une autre freine, crée des discontinuités, des ruptures dans le réseau des projets transactionnels [...], éloigne du réseau transactionnel idéal dans lequel l'espace traversé doit perdre son épaisseur"*³⁶⁸.

De telles propriétés semblent donc être au cœur même du problème qui nous intéresse dans le cadre de cette thèse. Cependant, si ces indices fournissent

365 Les ouvrages mathématiques traitant de la théorie des graphes sont nombreux ; nous n'en citerons qu'un : ROY, B. - *Algèbre moderne et Théorie des Graphes*, Dunod, Paris, 1970.

366 Contentons-nous ici de citer un grand classique du genre : KANSKY, K.J. - *Structure of transportation network*, op. cit.

367 CURIEN, N. - "D'une problématique générale des réseaux à l'analyse économique du transport des informations", art. cit., p. 213.

368 DUPUY, G. - "Les réseaux techniques sont-ils des réseaux territoriaux ?", op. cit., p. 182.

effectivement un outil pour constater de telles discontinuités, ils ne permettent pas d'étudier plus localement la nature de *ce qui freine*, ni d'en mesurer quantitativement l'importance.

ANNEXE 2

Dictionnaire des variables 1

- A** ACHT : Achèvement du tronçon (croisement, place, axe)
 ANGB : Valeur moyenne de l'angle de chaque brisure
 ARBR : Présence ou non de rangées d'arbres sur trottoirs.
- C** CEDP : Présence d'un panneau "cédez le passage".
 CLAR : Concentration moyenne (idem) par mètre de largeur utile.
 CRET : Présence d'une ou plusieurs crêtes (ou "creux") sur le tronçon.
 CVOI : Concentration moyenne (idem) par voie.
 C100 : Concentration moyenne (par 100 m de tronçon).
- D** DAHD : Densité d'augmentations significatives de hauteur côté droit.
 DAHG : Densité d'augmentations significatives de hauteur côté gauche.
 DCTT : Densité de carrefours de tous types.
 DDHD : Densité de diminutions significatives de hauteur côté droit.
 DDHG : Densité de diminutions significatives de hauteur côté gauche.
 DEBR : Densité de brisures.
 DEFD : Densité d'élargissements significatifs par la droite.
 DEFG : Densité d'élargissements significatifs par la gauche.
 DEOD : Densité d'élargissements optiques significatifs par la droite.
 DEOG : Densité d'élargissements optiques significatifs par la gauche.
 DEPC : Densité de passages cloutés ou zébrés.
 DEUD : Densité d'élargissements de largeur utile par la droite.
 DEUG : Densité d'élargissements de largeur utile par la gauche.
 DGED : Densité de goulots d'étranglement de largeur utile par la droite.
 DGEG : Densité de goulots d'étranglement de largeur utile par la gauche.
 DPCD : Densité de portes cochères côté droit.
 DPCG : Densité de portes cochères côté gauche.
 DRFD : Densité de rétrécissements significatifs par la droite.
 DRFG : Densité de rétrécissements significatifs par la gauche.
 DROD : Densité de rétrécissements optiques significatifs par la droite.
 DROG : Densité de rétrécissements optiques significatifs par la gauche.
 DTGD : Densité de tronçons orientés droite-gauche débouchant à droite.
 DTTD : Densité de tronçons de tous types débouchant à droite.
 DVCG : Densité moyenne de véhicules en circulation côté gauche.
 DVLD : Densité de vitrines (calculée sur la longueur) côté droit.
 DVLG : Densité de vitrines (calculée sur la longueur) côté gauche.
 DVTD : Densité moyenne de trafic par tronçon venant de droite.

E	ELPD	: Ecart-type des largeurs de parcelles côté droit.
	ELPG	: Ecart-type des largeurs de parcelles côté gauche.
F	FEUX	: Présence de signaux lumineux.
	FONP	: Fond de perspective (I,T,Y).
H	HAFD	: Hauteur courante des façades côté droit.
	HAFG	: Hauteur courante des façades côté gauche.
	HIST	: Epoque de création du tronçon.
L	LACD	: Largeur de la chaussée côté droit.
	LACT	: Largeur de chaussée totale.
	LARF	: Largeur courante de façade à façade (au rez-de-chaussée).
	LARO	: Largeur optique courante
	LIMV	: Présence d'un panneau de limitation de vitesse.
	LMPD	: Largeur moyenne des parcelles côté droit.
	LMPG	: Largeur moyenne des parcelles côté gauche.
	LONG	: Longueur du tronçon.
	LUCT	: Largeur utile courante totale.
M	MARQ	: Marquage au sol.
O	ORIT	: Orientation de l'axe du tronçon par rapport aux points cardinaux.
P	PROF	: Profil (positif - pente ascendante, ou négatif - pente descendante).
R	RAYC	: Rayon de courbure moyen du tronçon (longueur/angle).
	REVC	: Revêtement de la chaussée.
S	SENC	: Sens de la courbure (droite/ gauche/ multiple).
	SENS	: Nombre de sens de la rue dont fait partie le tronçon.
	SPEC	: Présence "d'items" spéciaux sur le tronçon.
	STOP	: Présence d'un panneau "stop".
V	VOIN	: Nombre de voies utiles du tronçon.

ANNEXE 3

Questionnaire envoyé aux 600 plus importantes communes françaises

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

<p>POUR REMPLIR CE QUESTIONNAIRE, cocher d'une croix la ou les cases correspondant à votre choix (pour les questions 2 à 9, les choix proposés ne s'excluent pas mutuellement, par ex. si plusieurs opérations de comptage ont été réalisées).</p>	<p>Commune :</p> <p>Code Postal :</p>
---	---

1.- Une ou plusieurs opérations locales de comptage de véhicules ont-elles été menées sur le territoire de votre commune ?

☐ - Oui ☐ - Non

Si vous avez répondu Oui :

2.- Ces comptages ont-ils été effectués :

☐ - Sur toute la commune

☐ - Sur une ou plusieurs zones de la commune

3.- En quels points du réseau les véhicules sont-ils comptés ?

☐ - Aux carrefours ☐ - Sur tronçons

4.- Quel est le mode de comptage utilisé ?

☐ - Manuel ☐ - Automatique

5.- S'agit-il de comptages directionnels ?

☐ - Oui ☐ - Non

6.- La distinction entre différentes catégories de véhicules (VL, 2-roues, TC, PL) est-elle faite dans ces comptages ?

☐ - Oui ☐ - Non

7.- Ces comptages ont-ils été faits :

☐ - A tous les carrefours (ou tous les tronçons)

☐ - A certains carrefours (ou certains tronçons)

8.- Les résultats de ces comptages sont des quantités de véhicules par unité de temps (ou "flux" de véhicules). Quelle est cette unité de temps ?

☐ - le jour (flux journaliers)

☐ - l'heure (flux horaires)

☐ - autres (préciser) :

9.- Accepteriez-vous que les résultats de ces comptages soient exploités dans le cadre d'une thèse de Doctorat ?

☐ - Oui ☐ - Non

☐ - Oui, mais uniquement sous certaines conditions

Lesquelles ?.....

2'- A votre connaissance, des opérations de comptage de véhicules ont-elles été menées sur d'autres communes de votre département ?

☐ - Oui ☐ - Non

Si oui, lesquelles (nom et code postal) ?

.....

.....

.....

3'- Une opération de comptage de véhicules sur tout ou partie de votre commune est-elle prévue au cours des six mois à venir ?

☐ - Oui ☐ - Non

Si oui, quand (approximativement) ?

.....

⚡ Si vous avez répondu Oui à la question 3', se reporter aux questions 2 à 9 de la colonne de gauche ;

Sinon, aller directement à la question 10

▼

10.- D'autres opérations de recueil de données sur la voirie, notamment des enquêtes de circulation permettant la construction ou la vérification de matrices origine-destination, ont-elles été réalisées sur tout ou partie de votre commune ?

☐ - Oui ☐ - Non

REMARQUES :

.....

.....

PRIERE DE RETOURNER CE QUESTIONNAIRE REMPLI (MEME PARTIELLEMENT) A :

Václav STRANSKY
L A T T S - Central IV
1, avenue Montaigne, 93167 NOISY LE GRAND Cédex

ANNEXE 4

Villes ayant fait l'objet d'une étude de recensement de trafic automobile par photographie aérienne (avec date de l'étude).

A	Agen	1974
	Aix-en-Provence	1975
	Alençon	1975
	Ales	1975
	Amiens	1974
	Angers	1979
	Angouleme	1973
	Annecy	1975
	Arles	1975
	Arras	1975
	Auch	1975
	Avignon	1974
B	Bayonne	1974
	Belfort	1975
	Biarritz	1978
	Blois	1974
	Bordeaux	1973
	Boulogne	1975
	Bourg-en-Bresse	1977
	Bourges	1974
	Brive	1975
C	Caen	1977
	Calais	1975
	Cambrai	1976
	Châlons-sur-Marne	1975
	Chambéry	1974
	Charleville-Mézières	1974
	Châteauroux	1974
	Cherbourg	1973
	Cherbourg	1978

	Cholet	1976
	Clermont-Ferrand	1977
	Colmar	1973
D	Dijon	1973
	Dieppe	1975
	Douai	1974
	Dunkerque	1973
E	Epinal	1975
	Essonne (Département)	1976
	Evreux	1976
H	Hauts-de-Seine (Département)	1975
L	La Rochelle	1973
	La Roche-sur-Yon	1976
	Laval	1975
	Le Havre	1973
	Le Mans	1974
	Lens	1974
	Lille	1977-1978
	Limoges	1974
	Lorient	1974
	Lyon	1975
M	Marseille	1974
	Montauban	1978
	Mont-de-Marsan	1978
	Montpellier	1978
	Mulhouse	1974
N	Nancy	1977
	Nice	1976
	Nîmes	1973
	Niort	1975

O	Orléans	1978
P	Paris	1977
	Perpignan	1973
	Poitiers	1974
R	Reims	1977
	Rennes	1973
	Roanne	1973
	Roubaix	1974
	Rouen	1973
	Rouen	1979
S	Saint-Brieux	1976
	Saint-Etienne	1977
	Saint Malo	1975
	Saint-Nazaire	1974
	Saint-Quentin	1976
	Seine-Saint-Denis (Département)	1973
	Sete	1975
	Strasbourg	1973
T	Thionville + Hayange	1975
	Toulon	1978
	Tourcoing	1974
	Troyes	1973
V	Val d'Oise (Département)	1976
	Valence	1973
	Valenciennes	1974
	Vannes	1973
	Vierzon	1976

ANNEXE 5

Questionnaire envoyé aux 7 Centres d'Etudes Techniques de l'Equipement : exemple de celui destiné au C.E.T.E. Normandie-Centre

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

<p>CE QUESTIONNAIRE concerne les campagnes d'étude de trafic par photographie aérienne réalisées à l'initiative du S.E.T.R.A. au cours des années 1970. Pour le remplir, cocher d'une croix la ou les cases correspondant à votre (ou vos) choix</p> <p>IMPORTANT : Les questions ci-après sont relatives aux photographies aériennes elles-mêmes, et non pas aux documents (écrits et graphiques) produits à partir de ces photographies.</p>	<p>C.E.T.E. Normandie - Centre</p>
--	--

1.- Pour quelles villes de la liste ci-après avez-vous conservé (probablement dans vos archives) les photographies aériennes ayant servi aux études de trafic réalisées aux dates indiquées ? Cette liste est en principe exhaustive pour votre Région (source : S.E.T.R.A.) ; si elle ne l'est pas, prière de la compléter dans la mesure du possible.

<input type="checkbox"/> ALENÇON.....1975	<input type="checkbox"/> CHERBOURG1973	<input type="checkbox"/> ORLÉANS1973
<input type="checkbox"/> BLOIS1974	<input type="checkbox"/> CHERBOURG1978	<input type="checkbox"/> ORLÉANS1978
<input type="checkbox"/> BOURGES.....1974	<input type="checkbox"/> DIEPPE1975	<input type="checkbox"/> ROUEN1979
<input type="checkbox"/> CAEN1977	<input type="checkbox"/> EVREUX1976	<input type="checkbox"/> VIERZON1976
<input type="checkbox"/> CHATEAUROUX...1974	<input type="checkbox"/> LE HAVRE.....1973	<input type="checkbox"/>

2.- Serait-il possible de consulter ces photographies ?

☐ - Oui ☐ - Non

☐ - Oui, sous certaines conditions. Lesquelles ?

3.- Dans l'affirmative, à quel service (ou à quelle personne) du C.E.T.E. faut-il s'adresser pour une telle consultation ?

.....

4.- Concernant les villes (de la liste précédente) pour lesquelles vous n'avez **pas** gardé les photographies, avez-vous une idée de l'endroit où celles-ci pourraient se trouver (organismes, personnes à contacter,...) ?

.....

.....

5.- D'autres campagnes d'étude de trafic par photographies aériennes ont-elles été réalisées depuis les années 1970 dans votre Région ? Et si oui, pour quelles villes (prière d'indiquer aussi la date de l'étude) ?

.....

.....

.....

6.- Accepteriez-vous que ces photographies (celles datant des années 1970, et le cas échéant, les photographies plus récentes) soient exploitées dans le cadre d'une thèse de Doctorat ?

☐ - Oui ☐ - Non

☐ - Oui, sous certaines conditions. Lesquelles ?

7.- Concrètement, quelles seraient les possibilités pour travailler sur ces photographies (anciennes et/ou récentes), sachant qu'une campagne d'étude de trafic en nécessite plusieurs centaines (en général, format 24 x 24 cm, en rouleau ou en feuilles séparées), et que leur exploitation est une opération longue (plusieurs semaines) ?

☐ Possibilité de prêt (sur demande de l'E.N.P.C. ou du C.E.T.U.R.) pour une durée de quelques semaines

☐ Autres solutions (préciser)

REMARQUES, SUGGESTIONS :

.....

.....

<p>PRIERE DE RETOURNER CE QUESTIONNAIRE REMPLI (MEME PARTIELLEMENT) A :</p> <p>Václav STRANSKY L A T T S - Central IV 1, avenue Montaigne, 93167 NOISY LE GRAND Cédex</p>
--

Fiche de recueil de données de trafic
(Source : Vaclav Stransky, 1995)

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

n° photo	Lp long. tronç.	Nm véh. en mvt. VP PL	Na véh. à l'arrêt VP PL	Ns véh. en stationnement <div>PAIR IMPAIRE</div>	t	Véhicule n° :																						
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
						<div>Stationnement SIMPLE FILE</div>																						
						VP	PL	VP	PL																			
						UVP		UVP																				
						<div>Stationnement DOUBLE FILE</div>																						
						VP	PL	VP	PL																			
						UVP		UVP																				
						Nc		n																				
		UVP		UVP		véh. en circula.	UVP	n.t																				

[illegible][illegible]

La fiche de recueil d'informations sur le trafic comporte une zone d'identification du tronçon observé (lieu, date, heure, nom de la rue dont il fait partie, nombre de voies et nombre de sens, ainsi que numéro de code) et trois tableaux identiques correspondant chacun à une des trois couvertures.

Chaque tableau comprend un certain nombre de colonnes, correspondant à différents types d'observations et de lignes correspondant chacune à un cliché (donc un instant t d'observation).

Les deux premières colonnes indiquent le numéro de la photo et la longueur du tronçon mesurée sur cette photo ; en théorie, cette longueur peut varier d'une photo à l'autre (l'avion a pu prendre ou perdre de l'altitude) ; en pratique, nous avons constaté que sur une couverture donnée, cette longueur était invariante.

Les deux doubles colonnes suivantes correspondent au nombre de véhicules particuliers (VP) et de poids lourds (PL), respectivement en mouvement (N_m) et à l'arrêt (N_a), observés sur chaque photo ; au bas de chaque double colonne sont calculées les valeurs moyennes (nombre moyen de véhicules en mouvement et à l'arrêt par photo, grandeur également calculée en UVP - Unité Voiture Particulière - en prenant comme convention $1PL=2VP$).

Il est à noter que l'unité de ces grandeurs est non pas le véhicule, mais le "**véhicule.photographie**" (un même véhicule apparaissant sur n clichés successifs étant compté n fois) ;

La somme du nombre moyen de véhicules.photographies en mouvement et de celui de véhicules.photographies à l'arrêt donne le nombre moyen de véhicules.photographie en circulation ($N_c = N_m + N_a$), que l'on trouve plus à droite (en bas des quatre colonnes voisines). Au dessus sont notés les nombres de véhicules en stationnement (N_s), côté pair et côté impair du tronçon, en simple et en double file.

Il est à noter que si les poids lourds (PL) entrent dans le calcul des concentrations, ils ne sont pas pris en compte pour celui de la vitesse moyenne (on ne s'intéresse qu'aux VP).

Cette dernière peut être calculée grâce aux données reportées dans les colonnes suivantes : la première indique le temps t écoulé entre deux photos successives (une horloge figurant sur chaque cliché permet de déterminer celui-ci avec précision) ; dans chacune des colonnes suivantes est reporté le cliché (moment) d'apparition d'un véhicule sur le tronçon, (croix dans la ligne correspondante), le cliché de sa disparition, et la distance totale (en millimètres) parcourue par ce véhicule entre ces deux clichés (chiffre entre les deux croix) ; enfin, au bas de chaque colonne est reporté le nombre de périodes élémentaires (nombre de clichés moins un) d'observations du véhicule (n) ainsi que le temps total d'observation de ce dernier (somme des $n_i.t_i$) : c'est cette dernière valeur qui permet de calculer la vitesse moyenne du véhicule pendant la durée d'observation.

Nous avons estimé qu'il était inutile de mettre en annexe l'ensemble des 164 fiches correspondant aux tronçons de notre terrain d'étude ; à titre illustratif, nous présentons un exemple de fiche remplie en annexe 5bis.

ANNEXE 6 BIS

Exemple de fiche de recueil de données de trafic remplie

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

VILLE DE : PARIS 16^e DATE : Sept 77 HEURE : Pointe Soir NUMERO DU TRONÇON : 206 I

RUE : rue de Longchamp NOMBRE DE VOIES : 1 NOMBRE DE SENS : 2

n° photo	Lp long. tronc.	Nm véh. en movt. VP PL	Na véh. à l'arrêt VP PL	Ns véh. en stationnement		t	Véhicule n° :																			
				PAIR	IMPAIR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
388	15,5	6	—	—	Stationnement SIMPLE FILE	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
390	1	7	—	—	VP PL	6	10	11	9	7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1	15,5	5	—	—	UVP 26	3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
					Stationnement DOUBLE FILE																					
					VP PL VP PL																					
					UVP	—	UVP	—	UVP	—																
					Nc	5,8	n	2	3	3	3	3	1	1												
					UVP 5,8		n.i	12	18	18	18	18	6	6												

n° photo	Lp long. tronc.	Nm véh. en movt. VP PL	Na véh. à l'arrêt VP PL	Ns véh. en stationnement		t	Véhicule n° :																			
				PAIR	IMPAIR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1060	15,5	4	—	—	Stationnement SIMPLE FILE	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1	1	5	—	—	VP PL	1	11,5	11	10,5	6,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
2	1	4	—	—	25	1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
3	15,5	4	—	—	UVP 25	1	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
					Stationnement DOUBLE FILE																					
					VP PL VP PL																					
					UVP	—	UVP	—	UVP	—																
					Nc	4,3	n	3	3	3	2	0	0													
					UVP 4,3		n.i	18	18	18	12	0	0													

n° photo	Lp long. tronc.	Nm véh. en movt. VP PL	Na véh. à l'arrêt VP PL	Ns véh. en stationnement		t	Véhicule n° :																			
				PAIR	IMPAIR		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1445	16	2	—	—	Stationnement SIMPLE FILE	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
6	1	3	—	—	VP PL	1	13	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
7	1	4	—	—	23	1	1	1	8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
8	1	6	—	—	UVP 23	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
9	1	6	—	—	Stationnement DOUBLE FILE		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1450	16	5	—	—	VP PL VP PL	6																				
					UVP	—	UVP	—	UVP	—																
					Nc	4,3	n	4	4	4	1	2	2	1	0											
					UVP 4,3		n.i	24	24	24	6	12	12	6	0											

RUE :n° début.....n° fin.....

NUMERO DU TRONÇON

PHOTOGRAPHIES AERIENNES

Véhicules en stationnement

-nbre s file d	NESD			
-nbre s file g	NESG			
-nbre d file d	NGED			
-nbre d file g	NGEG			

Largeur utile

-courante d	LUCD			
-courante g	LUCG			
-courante tot	LUCT			

Véhicules en circulation

-nbre moy véh arr d	NVAD			
-nbre moy véh arr g	NVAG			
-nbre moy véh mvt d	NVMD			
-nbre moy véh mvt g	NVMG			
-nbre moy véh circ d-g	NVCD			

Marquages sur chaussée

-nbre pass cloutés	NEPC			
-lignes sép sens (oui/non)	MARQ			

N° d'immeubles transformés entre 1977 et 1990

Divers

PLAN MICHELIN, CADASTRES ACTUELS ET ANCIENS

Largeur de chaussée

-totale	LACT	
-droite	LACD	

Largeur optique

-courante	LARO	
-long retr d	LROD	
-long retr g	LROG	
-long élar d	LEOD	
-long élar g	LEOG	

Hauteur des façades

-courante d (RC/1/4/9/13+)	HAFD	
-courante g (RC/1/4/9/13+)	HAFG	
-long dim d	LDHD	
-long dim g	LDHG	
-long aug d	LAHD	
-long aug g	LAHG	

Changements direction

-sens c (d/g/m)	SENC	
-ray courb moy	RAYC	
-nbre bris	NEBR	
-ang bris moy	ANGB	
-alt déb (PROF)	ALTD	
-alt fin (PROF)	ALTF	
-alt max (PROF)	ALTM	
-dist m (PROF)	DMIN	

TERRAIN ET RECHERCHE

Signalisation

-sign lumin	FEUX	
(oui/non)		

Générateurs trafic

-numéros portes cochères d		
-numéros portes cochères g		
-nbre p coch d	NPCD	
-nbre p coch g	NPCG	
-nbr génér trafic	SPEC	
-n° sorties parking		

Vitrines

-numéros vitrines d		
-numéros vitrines g		
-nbre vitr d	NVLD	
-nbre vitr g	NVLG	

Divers

Croquis, remarques,...

Remarques générales sur tronçon

394

La fiche de recueil de données morphologiques comporte - outre les informations d'ordre général relatives à la dénomination et à la situation exacte du tronçon par rapport à la rue en termes de numéros d'immeubles - trois zones correspondant aux trois types de sources d'informations utilisées : photographies aériennes, plans divers, visites sur le terrain et recherches complémentaires.

Sans entrer dans le détail, disons simplement que si, pour certaines données, la valeur mesurée est directement celle d'une variable (le nom de code de ces données est alors celui des variables correspondantes), pour d'autres, des calculs intermédiaires sont nécessaires (par exemple, la variable "pente moyenne du tronçon", PROF, est le quotient de la différence entre ALTD et ALTF - altitudes du début et de la fin du tronçon - et de la variable LONG - longueur totale du tronçon).

On remarquera également que cette fiche présente quelques redondances avec la fiche de recueil de données de trafic, certaines de ces dernières servant en effet au calcul de certaines variables de contrôle (les concentrations moyennes de véhicules en circulation) et morphologiques (véhicules en stationnement, en simple et double file, utilisées pour le calcul des largeurs utiles ainsi que des densités de "goulots d'étranglement").

De même que pour les fiches de recueil de données de trafic, nous avons estimé qu'il était inutile de mettre en annexe les 164 et 41 fiches correspondant respectivement aux tronçons d'échelle 0 et aux supposés tronçons à trafic dense ; pour ces derniers, on notera d'ailleurs que seules quelques rubriques prévues par les fiches ont été remplies : la largeur de façade à façade (devant être supérieure ou égale à 24 m), le nombre total de voies utiles (les deux sens confondus), déterminé *de visu* sur les photos aériennes (en tenant évidemment compte du stationnement), et le nombre moyen de véhicules en circulation (en mouvement et à l'arrêt), **les deux sens confondus**.

Nous donnons en annexe 6bis un exemple de fiche de tronçon d'échelle 0 remplie.

ANNEXE 7 BIS

Exemple de fiche de recueil de données morphologiques remplie

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

RUE : *rd de Longchamp* n° début *103* n° fin *91* NUMERO DU TRONÇON *206 I*

PHOTOGRAPHIES AERIENNES

Véhicules en stationnement

-nbre s file d	NESD	3	1	1
-nbre s file g	NESG	26	25	23
-nbre d file d	NGED	0	0	0
-nbre d file g	NGEG	0	0	0

Largeur utile

-courante d	LUCD	-0,5	-0,5	-0,5
-courante g	LUCG	-0,5	-0,5	-0,5
-courante tot	LUCT	-1	-1	-1

Véhicules en circulation

-nbre moy véh arr d	NVAD	0	0	0
-nbre moy véh arr g	NVAG	0,8	0,3	0
-nbre moy véh mvt d	NVMD	5,8	4,3	4,3
-nbre moy véh mvt g	NVMG	4	1,5	3,7
-nbre moy véh circ d-g	NVCD	0	0	0

Marquages sur chaussée

-nbre pass cloués	NEPC	1	1	1
-lignes ssp sens (oui/non)	MARQ	non		

N° d'immeubles transformés entre 1977 et 1990

Divers

PLAN MICHELIN, CADASTRES ACTUELS ET ANCIENS

Largeur de chaussée

-totale	LACT	7
-droite	LACD	3,5

Largeur optique

-courante	LARO	11,5
-long retr d	LROD	0
-long retr g	LROG	0
-long élér d	LEOD	20
-long élér g	LEOG	30

Longueurs

-longueur	LONG	235
-long entre fac	LONF	200
-long stat d	LSTD	200
-long stat g	LSTG	200

Nombre de croisements

-dg de d	MTGD	0
-tts types de d	NTTD	0
-tts types total	NCTT	1

TERRAIN ET RECHERCHE

Signalisation

-sign lumn (oui/non)	FEUX	non
----------------------	------	-----

Générateurs trafic

-numéros portes cochères d		
-numéros vitrines g		
-numéros vitr d		
-nbre vitr g	NVLG	13
-nbre vitr d	NVLD	5

Divers

-nbre p coch d	NPCD	1
-nbre p coch g	NPCG	1
-nbre génér trafic	SPEC	0
-n° sorties parking		0

Variables diverses

-sens (1/2)	SENS	2
-sortie parking (oui/non)	SPEC	non
-orientation (précision 5°)	ORIT	115°
-achèvement (A, P, X)	ACHT	P
-fond pers (I, T, Y)	FONP	Y

Hauteur des façades

-courante d	HAFD	1
-courante g	HAFG	4
-long dim d	LDHD	0
-long dim g	LDHG	20
-long aug d	LAHD	90
-long aug g	LAHG	0

Changements direction

-sens c (digim)	SENC	—
-ray courb moy	RAYC	—
-nbre bris	NEBR	—
-ang bris moy	ANGB	—
-alt déb (PROF)	ALTD	56,3
-alt fin (PROF)	ALTf	61,2
-alt max (PROF)	ALTM	—
-dist m (PROF)	DMIN	—

Croquis, remarques, ...

Remarques générales sur tronçon

ANNEXE 8

Principe de calcul de la vitesse moyenne des véhicules en circulation³⁶⁹

Soient :

T_m temps moyen passé en mouvement par un véhicule parcourant le tronçon étudié ;

T_a temps moyen passé à l'arrêt par ce véhicule sur ce tronçon ;

T_c temps moyen passé en circulation par ce véhicule sur ce tronçon :

$$T_c = T_m + T_a$$

L longueur totale du tronçon (correspond à notre variable LONG) ;

θ durée d'observation totale du tronçon (ensemble des couvertures) ;

N_1 nombre de véhicules en mouvement observés durant θ ;

N_2 nombre de véhicules à l'arrêt observés durant θ ;

x temps total passé en mouvement par les N_1 véhicules observés durant θ ;

y temps total passé à l'arrêt par les N_2 véhicules observés durant θ ;

θ_i durée d'observation du véhicule i en mouvement ;

θ_j durée d'observation du véhicule j à l'arrêt ;

l_i la distance parcourue par le véhicule (en mouvement) i pendant le temps θ_i ;

t_i le temps nécessaire (fondé sur l'observation) au véhicule i pour parcourir le tronçon d'un bout à l'autre :

On a alors :

$$T_m = \frac{\sum_{i=0}^{i=N_1} t_i}{N_1} = \frac{\sum_{i=0}^{i=N_1} \frac{\theta_i \cdot L}{l_i}}{N_1}$$

T_m est la moyenne, sur l'ensemble des couvertures, des temps t_i calculés pour chacun des véhicules en mouvement.

³⁶⁹ Cette annexe se fonde en partie sur le document établi à l'issue de la campagne d'étude de trafic par photographies aériennes à Paris, en 1977 :
DREIF/Ville de Paris-Direction de la voirie - *Indicateurs de circulation, Ville de Paris, photographies aériennes 1977*, Paris, 1977.

Par ailleurs :

$$x = \sum_{i=0}^{i=N_1} \theta_i \quad \text{et} \quad y = \sum_{j=0}^{j=N_2} \theta_j$$

Si l'on considère la situation observée durant θ comme représentative du tronçon (nombre de véhicules et temps d'observation suffisants), on peut écrire que le rapport du temps passé en mouvement par les véhicules (x) sur le temps passé à l'arrêt par les véhicules (y) est égal au rapport entre le temps qu'en moyenne (sur ce tronçon) un véhicule passe en mouvement sur le temps que ce véhicule passe à l'arrêt :

$$\frac{T_m}{T_a} = \frac{x}{y} \quad \text{d'où :} \quad T_a = \frac{y}{x} T_m$$

Par conséquent, le temps de parcours global du tronçon est :

$$T_c = T_m + T_a = T_m \left(1 + \frac{y}{x}\right)$$

Sur le plan opératoire, les grandeurs x et y peuvent être obtenues simplement en dénombrant les véhicules, respectivement en mouvement et à l'arrêt, sur l'ensemble des photographies permettant l'observation du tronçon : le nombre de "véhicules-en-mouvement.photographies", N_m , et de "véhicules-à-l'arrêt.photographies", N_a , correspondent très exactement à x et y . L'équation précédente peut donc s'écrire :

$$T_c = T_m \left(1 + \frac{N_a}{N_m}\right)$$

De ces temps moyens de parcours du tronçon, T_m (si l'on ne prend en compte que les seuls véhicules en mouvement) et T_c (si l'on prend en compte l'ensemble des véhicules en circulation), on déduit les vitesses moyennes (nos deux variables) :

$$VMVT = \frac{LONG}{T_m} \quad \text{et} \quad VCIR = \frac{LONG}{T_m \left(1 + \frac{N_a}{N_m}\right)}$$

ANNEXE 9

Erreurs de mesure des vitesses établies d'après photographies aériennes.

Nous avons commencé par lister les principales sources d'erreurs ; celles-ci sont de deux sortes : les sources d'erreurs liées à l'appréciation des distances, et celle liée à l'appréciation du temps écoulé entre deux clichés successifs.

(1)- Commençons par cette dernière, qui est tributaire de la **précision de l'intervallomètre** faisant partie de l'équipement de l'aéronef : cette précision étant de 1/10^{ème} de seconde et les clichés étant pris à des intervalles de temps théoriques de 6 secondes, l'erreur **relative** maximum commise (liée à cette première source d'erreur) dans l'appréciation de la vitesse d'un véhicule est de :

$$\frac{1/10}{6} = \frac{1}{60} \approx 1,67 \%$$

(2)- La variation d'échelle entre clichés liée aux **variations de l'altitude de l'avion** est la première source potentielle d'erreur d'appréciation des distances. Pour connaître cette erreur, nous nous référons aux photographies aériennes, qui comportent, en marge, la valeur affichée de l'altimètre au moment de la prise de vue :

2345 m \pm 0,5 m sur la couverture du 01/09/77 ;

2336 m \pm 0,5 m sur la couverture du 20/09/77 ;

2344 m \pm 0,5 m sur la couverture du 23/09/77.

Si l'on néglige les erreurs dues à la précision de mesure de l'altimètre lui-même, on voit que les variations d'altitude (plus ou moins 0,5 m dans les trois cas) peuvent être considérées comme insignifiantes.

(3)- La variation d'échelle entre clichés liée à d'autres facteurs doit également être évoquée. Les principales sources d'erreurs peuvent être :

-les éventuels **balancements de l'aéronef**, qui font que l'axe optique peut osciller autour de la verticale ;

-le **relief du terrain photographié** : les distances mesurées sur les "sommets" paraissent évidemment plus importantes que celles mesurées dans les "vallées" (dans le cas de notre terrain d'étude, ces variations sont cependant infimes) ;

-les **déformations dues à l'objectif** de l'appareil photographique : le grand angle utilisé (champ = 90° ; focale = 152 mm), sensiblement supérieur à l'angle "normal" (45°) correspondant à notre champ visuel, déforme l'image du terrain, mais surtout dans les zones périphériques du cliché (nous ne sommes donc que peu concernés dans la mesure où les observations se font principalement en zone centrale).

Pour tenter de quantifier globalement toutes ces erreurs potentielles, nous avons réalisé une série de mesures de distances sur un échantillon de 9 clichés (3 clichés par couverture) ; ces distances, évaluées à l'aide de la loupe à fort grossissement au $1/10^{\text{ème}}$ de millimètre près (ce qui, pour des distances mesurées d'environ 20 cm, correspond à une erreur de mesure de l'ordre de 0,05 %), ont permis de calculer des échelles (les distances "réelles" correspondantes ayant été déterminées avec précision sur plans de cadastre au $1/2000$). Les résultats obtenus sont les suivants :

-la variation des valeurs de ces échelles déterminées sur un *même* cliché (sur la base de distances radiales et tangentielles³⁷⁰ pour tenir compte des déformations de l'objectif) est toujours **inférieure à 0,1 %** ;

-la variation des valeurs des échelles entre différents clichés d'une même couverture **ne dépasse jamais 0,15 %** ; pour fixer les idées, les valeurs des échelles ainsi calculées varient entre $1/15520$ et $1/15557$ pour les couvertures des 01/09/77 et 23/09/77, et entre $1/14952$ et $1/14983$ pour la couverture du 20/09/77.

Pour déterminer les distances réelles parcourues par les véhicules durant l'observation, nous avons donc retenu les valeurs moyennes d'échelles (arrondies à la dizaine la plus proche) :

1 / 15 540	pour les clichés datant du 01/09/77 et du 23/09/77
1 / 14 970	pour les clichés datant du 20/09/77.

Si l'on cumule l'ensemble des erreurs relatives (1), (2) et (3), on arrive à un total $r_v = 1,67 + 0,05 + 0,10 + 0,15 \approx 1,97 \%$, valeur que nous majorons par **2 %**.

370 En toute rigueur, il eût fallu mesurer non pas des longueurs tangentielles à des cercle centrés au foyer du cliché, mais bien des distances curvilignes mesurées sur ces cercles. Toutefois, cela aurait compliqué les mesures pour un gain de précision sans doute négligeable.

(4)- A cette erreur relative r_v , nous ajoutons délibérément une **erreur absolue**. En effet, pour des raisons de commodité, nous avons décidé d'arrondir au **demi-millimètre le plus proche** les valeurs mesurées des distances parcourues par les véhicules : la détermination de ces dernières est donc faite avec une précision de 0,25 mm, soit environ 3,9 m pour les photos au 1/15540 et 3,7 m pour les photos au 1/14970 ; dans la suite du raisonnement, nous prendrons à titre indicatif la valeur intermédiaire, 3,8 m, correspondant approximativement à la longueur d'une voiture particulière ; autrement dit, nous effectuons nos mesures à "*la longueur d'un véhicule près*".

Cette erreur absolue d'appréciation des distances, A_d , représente indirectement une erreur absolue d'appréciation des vitesses, A_v : pour passer de l'une à l'autre, il faut tenir compte du temps T écoulé entre le premier et le dernier cliché d'observation du véhicule ; si l'on appelle t la période des prises de vue (6 s) et n le nombre de photographies sur lesquels le véhicule peut être suivi sur le tronçon étudié, on a $T = t \cdot (n-1)$. Ainsi :

$$A_v = \frac{A_d}{t \cdot (n-1)}$$

Dans le cas le plus défavorable - cas (rarissime) où la vitesse du véhicule est déterminée sur la base de deux clichés successifs seulement (6 secondes d'intervalle) - l'erreur commise est d'environ :

$$A_v = \frac{3,8}{6} \cdot \frac{3600}{1000} \approx 2,4 \text{ km/h}$$

Cependant, dans les cas courants (en général, $n = 5$), cette erreur n'est plus que de $2,4 / (5 - 1) = 0,6 \text{ km/h}$.

Pour rendre cette erreur A_v additive avec r_v - cumul des erreurs (1), (2) et (3) - il suffit de la convertir en erreur relative, $R_n(v)$, qui est une fonction de la vitesse moyenne v du véhicule (v étant calculée sur la base des n clichés correspondant à la présence de ce dernier sur le tronçon).

$$R_n(v) = \frac{A_v}{v} = \frac{A_d}{t \cdot (n-1)} \cdot \frac{1}{v}$$

La courbe représentative de cette fonction, pour un n donné, est une hyperbole.

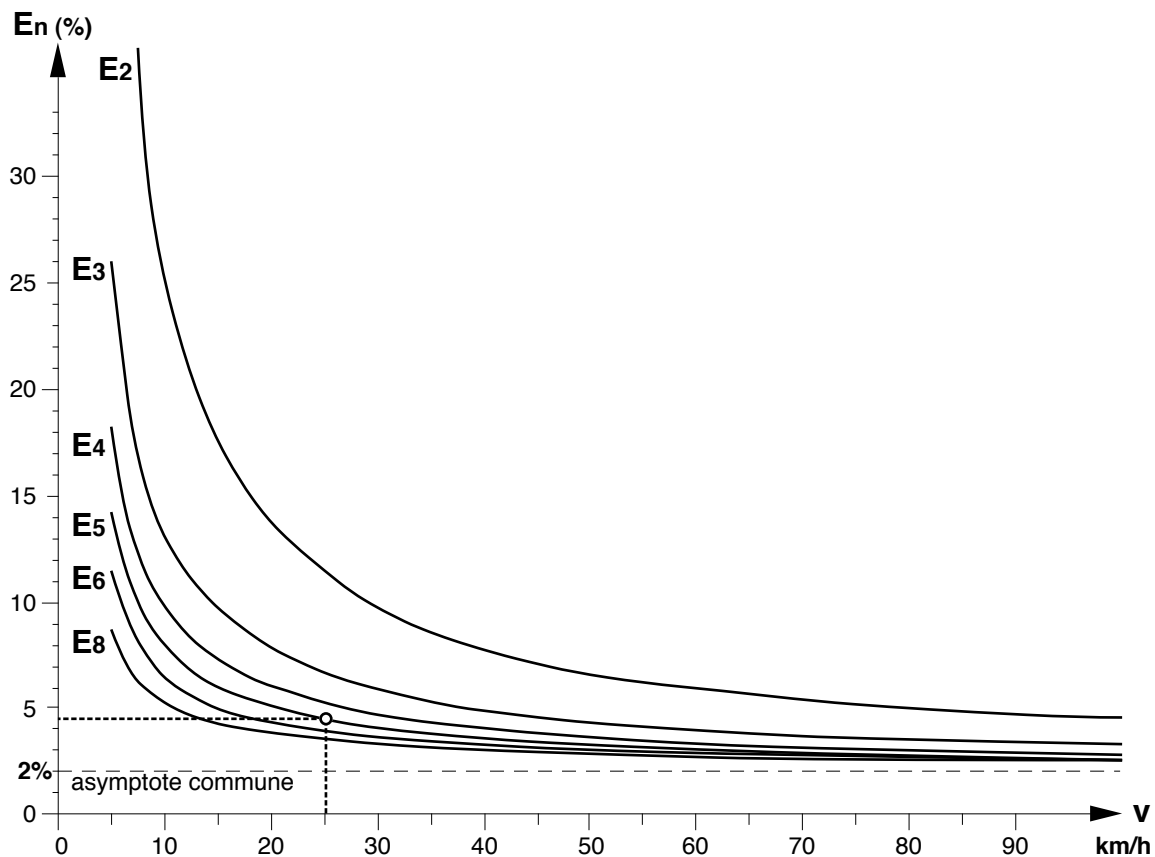
De manière générale, si l'on appelle $E_n(v)$ l'erreur totale d'appréciation de la vitesse d'un véhicule observé sur n clichés successifs, on a :

$$E_n(v) = R(v) + r_v = \frac{A_v}{v} + r_v = \frac{1}{n-1} \cdot \frac{A_d}{t} \cdot \frac{1}{v} + r_v$$

avec :

$$\frac{A_d}{t} = \text{cste} \approx 2,4 \text{ km/h} \quad \text{et} \quad r_v = \text{cste} \approx 2 \%$$

On peut ainsi construire une série d'hyperboles, correspondant chacune à un nombre n de clichés d'observation donné, et permettant de déterminer l'erreur relative maximale (en %) au niveau de la mesure d'une vitesse : par exemple, pour un véhicule observé sur 5 clichés (courbe E_5) et se déplaçant à 25 km/h, cette erreur sera **au pire** égale à 4,5 % environ.



ANNEXE 10

Tableau de description logique

Cette annexe présente l'ensemble des données sous forme de tableau : les tronçons en lignes, les variables en colonnes.

De taille bien trop importante pour tenir sur une seule page, l'annexe est constituée de 8 planches qui, une fois juxtaposées (2 lignes de 4 colonnes) donneraient le tableau de description logique complet. A chacune des planches sont rappelées, en marges, les noms des variables et les numéros des tronçons.

A propos de ces derniers, rappelons que la lettre suivant le nombre à trois chiffres indique le nombre de sens de circulation de la rue d'où le tronçon est extrait :

- U pour sens unique
- P pour double-sens, côté pair
- I pour double-sens, côté impair.

NUM	VITESSES				CONCENTRATIONS				LONGUEURS, LARGEURS (ET VARIATIONS)							
	VMVT	VCIR	VMAX	VMIN	C100	CVOI	CLAR	DVCG	LONG	LMPD	ELPD	LMPG	ELPG	LARF	DEPD	DEFG
101U	35	28	40	29	0,35	0,35	0,09	0	145	30	51	27	71	15,5	35	15
104U	22	16	31	14	0,88	0,88	0,33	0	310	21	71	16	85	11,5	5	0
105U	25	17	33	18	0,29	0,29	0,08	0	245	13	68	20	84	12,5	25	6
106U	30	24	37	21	0,84	0,84	0,23	0	830	20	92	18	93	12,5	11	20
107P	23	19	37	9	1,94	1,94	1,21	0,7	435	14	77	20	73	12	11	20
107I	23	16	37	9	0,71	0,71	0,44	1,9	435	20	73	14	77	12	20	11
108U	37	37	37	37	0,11	0,11	0,03	0	240	17	64	21	47	12	16	9
109U	18	18	18	18	0,1	0,1	0,03	0	220	21	74	21	69	12	5	15
110U	18	18	18	18	0,17	0,17	0,08	0	110	20	78	20	87	13	0	0
111U	20	20	20	20	0,24	0,24	0,11	0	95	17	61	23	20	7,5	22	0
112U	0	0	0	0	0	0	0	0	50	20	39	20	0	9,5	0	0
113U	16	16	23	9	0,19	0,19	0,06	0	375	15	75	16	81	9,5	6	13
114U	32	32	38	27	0,45	0,45	0,14	0	220	26	75	21	75	9,5	8	0
115U	0	0	0	0	0	0	0	0	85	27	39	25	42	12,5	0	27
116U	0	0	0	0	0	0	0	0	75	30	29	18	40	12	20	0
118U	23	23	26	23	0,45	0,45	0,12	0	165	22	40	21	68	12	21	0
120U	21	15	27	9	0,89	0,89	0,28	0	360	16	89	58	82	16	0	20
121P	23	23	33	14	3,89	3,89	1,62	1,6	85	28	80	21	83	14,5	27	0
121I	26	26	31	19	1,6	1,6	0,67	3,9	85	21	83	28	80	14,5	0	27
122P	28	28	42	9	2,1	2,1	0,88	1,8	270	16	89	27	87	15	0	56
122I	27	15	38	14	1,84	1,84	0,77	2,1	270	27	87	16	89	15	56	0
123P	31	12	37	21	2,28	2,28	0,95	6,7	155	135	0	17	66	15	0	0
123I	19	8	28	11	6,69	6,69	2,79	2,3	155	17	66	135	0	15	0	0
124U	0	0	0	0	1,43	1,43	0,39	0	35	30	0	30	0	9,5	0	0
125P	40	40	40	40	0,14	0,14	0,07	0,2	125	16	68	22	68	12	0	0
125I	16	16	16	16	0,22	0,22	0,12	0,1	125	22	68	16	68	12	0	0
126U	19	19	19	19	0,16	0,16	0,07	0	165	25	76	15	92	9	21	14
127U	22	9	28	9	2,21	2,21	0,82	0	225	26	92	34	78	12	0	0
128U	18	6	33	9	3,68	3,68	1,36	0	265	24	81	15	71	12	10	0
129U	12	12	16	9	0,67	0,34	0,14	0	175	130	0	150	0	14,5	0	0
201U	17	17	20	14	0,45	0,45	0,17	0	105	38	33	90	0	40	27	0
202U	22	22	30	11	0,43	0,43	0,16	0	140	24	63	120	0	40	0	27
203P	21	2	23	19	6,24	6,24	2,4	3	135	19	50	16	60	14,5	0	0
203I	16	6	23	9	3,01	3,01	1,16	6,2	135	16	60	19	50	14,5	0	0
204P	22	16	37	11	0,8	0,8	0,31	2,3	325	61	99	16	77	18	3	3
204I	31	21	37	21	2,27	2,27	0,87	0,8	325	16	77	61	99	18	3	3
205P	21	16	36	12	3,02	3,02	1,89	1,5	85	35	44	16	50	16	0	14
205I	18	13	23	11	1,47	1,47	0,92	3	85	16	50	35	44	16	14	0
206P	27	19	65	14	1,88	1,88	0,74	2	235	14	64	35	90	15,5	0	0
206I	26	26	36	16	1,97	1,97	0,77	1,9	235	35	90	14	64	15,5	0	0
207U	26	22	34	9	0,64	0,64	0,24	0	310	19	83	40	90	10	6	38
208U	14	6	16	12	0,9	0,9	0,28	0	175	15	82	15	35	11,5	0	0
209U	18	13	23	9	2,55	2,55	0,94	0	275	15	86	20	88	9,5	0	0
210U	21	21	23	18	0,41	0,41	0,15	0	210	19	77	21	91	9,5	0	0
211U	27	27	29	23	0,23	0,23	0,09	0	335	16	73	19	60	9,5	0	15
212P	33	33	51	14	1	1	0,32	0,4	315	19	63	18	69	16	33	33
212I	34	34	48	14	0,42	0,42	0,14	1	315	18	69	19	63	16	33	33
213P	24	24	28	14	0,69	0,69	0,27	0,9	145	38	86	27	64	11	11	0
213I	15	15	20	12	0,88	0,88	0,35	0,7	145	27	64	38	86	11	0	11
214U	22	19	30	11	1,79	1,79	0,66	0	395	19	87	21	92	14	10	34
215U	28	9	36	14	1,03	1,03	0,38	0	275	25	82	28	66	10	41	10
216U	24	10	37	11	2,29	2,29	0,85	0	215	24	64	24	84	13,5	0	0
217U	9	9	9	9	0,17	0,17	0,1	0	105	14	73	17	40	10	28	11
301U	0	0	0	0	0,05	0,05	0,02	0	195	19	88	29	72	9,5	28	11
302U	28	28	28	28	0,31	0,31	0,1	0	115	17	56	17	67	12	0	0
303U	0	0	0	0	0	0	0	0	90	17	88	70	0	25	0	50
304U	19	19	19	19	0,26	0,26	0,1	0	70	14	22	55	0	25	36	55
305P	28	28	34	19	0,47	0,47	0,43	0	175	16	84	28	66	9,5	0	23
305I	0	0	0	0	0	0	0	0,5	175	28	66	16	84	9,5	23	0
306P	0	0	0	0	0,15	0,15	0,09	0	55	23	51	23	51	10	0	0
306I	0	0	0	0	0	0	0	0,2	55	23	51	23	51	10	0	0
402U	28	16	40	14	1,45	1,45	0,54	0	210	15	69	14	78	9,5	5	0
403U	23	9	42	9	1,23	1,23	0,46	0	880	20	93	15	93	9,5	8	6
404U	18	10	23	12	0,36	0,36	0,11	0	160	23	75	18	80	12	0	0
405U	26	21	40	9	1,47	1,47	0,46	0	425	23	87	16	90	11,5	3	8
406U	0	0	0	0	0	0	0	0	95	21	75	19	56	11,5	0	0
407U	0	0	0	0	0,06	0,06	0,02	0	125	15	30	12	65	11,5	0	0
409U	0	0	0	0	0	0	0	0	165	27	44	26	43	11,5	10	0
410U	26	26	42	16	0,85	0,85	0,39	0	300	20	89	21	83	9,5	0	6
501U	29	7	37	23	3,46	3,46	0,94	0	150	19	60	19	67	11,5	0	0
502U	18	10	26	9	1,84	0,92	0,39	0	330	18	78	16	76	14,5	0	5
503U	23	20	33	14	1,21	1,21	0,33	0	245	16	52	19	66	13	8	0
504U	29	29	37	23	0,57	0,57	0,15	0	250	35	88	20	76	13	0	13
505U	0	0	0	0	0,15	0,15	0,07	0	155	16	72	14	76	9,5	0	0
506P	28	14	34	23	0,44	0,44	0,15	1,2	220	27	50	17	60	16	0	8
506I	34	32	47	26	1,24	1,24	0,43	0,4	220	17	60	27	50	16	8	0

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

LARGEURS (SUITE) ET VARIATIONS												HAUTEURS						
NUM	LACT	LACD	VOIN	LUCT	DEUD	DEUG	DGED	DGEG	LARO	DEOD	DEOG	HAFD	HAFG	DDHD	DDHG	DAHD	DAHG	
101U	7,5	7,5	1,6	3,7	24	35	0	0	12	10	10	4	4	38	24	0	36	
104U	6,5	6,5	1,2	2,7	64	50	0,5	0	11,5	21	29	4	4	5	14	14	0	
105U	7,5	7,5	1,6	3,7	33	14	0	0	12,5	2	2	4	4	27	19	10	0	
106U	7,5	7,5	1,6	3,7	49	41	0	0	12,5	8	11	4	4	13	31	2	2	
107F	7	3,5	0,7	3,2	18	74	0	0	12	34	29	4	4	45	20	0	0	
107I	7	3,5	0,7	3,2	74	18	0	0	12	29	34	4	4	20	45	0	0	
108U	7	7	1,4	3,2	53	46	0	0	12	4	8	4	4	29	40	0	0	
109U	7	7	1,4	3,2	53	43	0	0	12	9	9	4	4	22	39	0	0	
110U	6	6	1	2,2	24	48	0	0	10	5	5	4	1	29	5	0	14	
111U	4	4	0,9	2,1	66	3	34	0	7,5	0	0	4	4	11	28	0	0	
112U	5	5	1,3	3,1	34	0	0	0	7,5	10	10	4	4	0	0	0	0	
113U	7	7	1,4	3,2	19	23	0	0	9,5	17	13	4	4	40	24	0	0	
114U	7	7	1,4	3,2	34	8	0	0	9,5	7	0	4	4	15	5	23	18	
115U	7,5	7,5	1,6	3,7	31	23	0	0	12,5	12	24	4	4	0	33	0	0	
116U	7	7	1,4	3,2	10	25	0	0	12	13	7	1	4	0	0	0	0	
118U	7,5	7,5	1,6	3,7	47	49	0	0	12	18	3	1	1	13	0	54	58	
120U	7	7	1,4	3,2	0	0	0,4	0	16	1	1	4	4	10	38	38	28	
121F	8,5	4,5	1	4,8	29	36	0	0	14,5	24	9	4	4	0	18	0	0	
121I	8,5	4,5	1	4,8	36	29	0	0	14,5	9	24	4	4	18	0	0	0	
122F	8,5	4,5	1	4,8	9	8	0	0	15	11	7	4	1	0	15	23	41	
122I	8,5	4,5	1	4,8	8	9	0	0	15	7	11	1	4	15	0	41	23	
123F	8,5	4,5	1	4,8	13	10	0	0	15	13	19	4	4	0	8	0	0	
123I	8,5	4,5	1	4,8	10	13	0	0	15	19	13	4	4	8	0	0	0	
124U	7,5	7,5	1,6	3,7	38	33	0	0	9,5	14	14	4	4	0	0	0	0	
125F	7,5	4	0,8	3,8	35	36	0	0	12	8	8	4	4	0	0	0	0	
125I	7,5	4	0,8	3,8	36	35	0	0	12	8	8	4	4	0	0	0	0	
126U	6	6	1	2,2	21	37	0	0	9	3	3	4	4	0	0	0	14	
127U	6,5	6,5	1,2	2,7	37	13	0	0	12	4	18	4	4	0	10	0	0	
128U	6,5	6,5	1,2	2,7	22	32	0	0	12	6	9	4	4	0	8	0	0	
129U	8,5	8,5	2	4,7	24	5	5,7	12	14,5	26	11	4	4	0	0	0	0	
201U	6,5	6,5	1,2	2,7	21	32	0	0	11,5	24	19	4	4	27	36	0	0	
202U	6,5	6,5	1,2	2,7	27	28	0	0	11,5	14	36	4	4	0	27	0	0	
203F	9	4,5	1,1	5,2	55	27	0	0	14,5	22	19	4	4	0	0	0	0	
203I	9	4,5	1,1	5,2	27	55	0	0	14,5	19	22	4	4	0	0	0	0	
204F	9	4,5	1,1	5,2	19	33	0,5	8,2	15	5	9	1	4	5	23	15	7	
204I	9	4,5	1,1	5,2	33	19	8,2	0,5	15	9	5	4	1	23	5	7	15	
205F	7	3,5	0,7	3,2	45	50	1,8	0	14	18	24	4	4	29	14	0	21	
205I	7	3,5	0,7	3,2	50	45	0	1,8	14	24	18	4	4	14	29	21	0	
206F	7	3,5	1,1	5,1	32	6	68	6	11,5	0	0	4	1	10	0	0	45	
206I	7	3,5	1,1	5,1	6	32	6	68	11,5	9	13	1	4	0	10	45	0	
207U	6,5	6,5	1,2	2,7	25	27	0,5	0	10	15	13	4	1	8	15	0	38	
208U	7	7	1,4	3,2	36	32	2	2	11,5	6	9	4	4	0	0	0	0	
209U	6,5	6,5	1,2	2,7	49	76	0	0	9,5	4	4	4	4	0	30	0	0	
210U	6,5	6,5	1,2	2,7	58	54	0	0	9,5	12	12	4	4	9	6	0	0	
211U	6,5	6,5	1,2	2,7	35	28	0	0	9,5	9	9	4	4	25	29	0	0	
212F	10	5	1,3	6,2	8	0	1,1	0	16	11	13	4	4	12	10	0	0	
212I	10	5	1,3	6,2	0	8	0	1,1	16	13	11	4	4	10	12	0	0	
213F	7	3,5	1,1	5,1	39	5	61	5	11	14	3	rc	4	0	33	41	0	
213I	7	3,5	1,1	5,1	5	39	5	61	11	3	14	4	rc	33	0	0	41	
214U	6,5	6,5	1,2	2,7	56	56	0	0	14	15	5	4	4	49	22	13	0	
215U	6,5	6,5	1,2	2,7	74	46	0	0	10	45	16	4	4	29	59	25	0	
216U	6,5	6,5	1,2	2,7	32	45	0	0	13,5	7	12	4	4	0	11	11	0	
217U	5,5	5,5	0,7	1,7	0	9	0	0	10	19	24	4	4	33	33	0	0	
301U	6,5	6,5	1,2	2,7	35	38	0	0	9,5	8	8	4	4	22	17	0	0	
302U	7	7	1,4	3,2	19	21	0	0	12	9	9	4	4	19	19	29	0	
303U	7	7	1,4	3,2	18	14	0	0	12	6	17	4	9	50	30	0	0	
304U	6,5	6,5	1,2	2,7	26	39	0	0	10	7	14	1	9	0	27	36	0	
305F	6	3	0,5	2,2	36	22	0,9	0	9,5	6	11	4	4	37	50	0	10	
305I	6	3	0,5	2,2	22	36	0	0	9,5	11	6	4	4	50	37	10	0	
306F	7	3,5	0,7	3,2	86	14	0	0	10	18	18	4	4	0	0	0	0	
306I	7	3,5	0,7	3,2	14	86	0	2,7	10	18	18	4	4	0	0	0	0	
402U	6,5	6,5	1,2	2,7	21	55	0	0	9,5	10	17	4	4	11	16	18	0	
403U	6,5	6,5	1,2	2,7	31	29	0	0	9,5	25	10	4	4	30	30	0	3	
404U	7	7	1,4	3,2	33	30	0,9	0	12	9	9	4	4	7	10	0	0	
405U	7	7	1,4	3,2	34	29	0	0,8	11,5	9	13	4	4	28	40	0	0	
406U	6,5	6,5	1,2	2,7	53	11	0	0	11,5	11	11	4	4	0	41	0	0	
407U	7	7	1,4	3,2	21	38	0	0	11,5	12	12	4	1	30	0	0	30	
409U	6,5	6,5	1,2	2,7	20	35	0	0	11,5	15	15	4	4	13	0	0	0	
410U	6	6	1	2,2	32	33	0	0	9,5	15	12	4	4	35	31	8	0	
501U	7,5	7,5	1,6	3,7	35	15	0	0	11,5	10	17	4	4	0	0	0	0	
502U	8,5	8,5	2	4,7	7	10	1,1	4,1	14,5	14	18	4	4	14	11	0	0	
503U	7,5	7,5	1,6	3,7	7	7	0	0	13	14	18	4	4	15	10	0	0	
504U	7,5	7,5	1,6	3,7	48	32	0,6	0	13	20	10	1	4	0	5	18	0	
505U	6	6	1	2,2	17	24	0	0	9,5	3	6	4	4	3	27	0	0	
506F	9,5	5	1,3	5,8	4	17	0,7	0	16	7	18	4	4	0	26	0	0	
506I	9,5	5	1,3	5,8	17	4	0	0	16	18	7	4	4	26	0	0	0	

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

TRACÉ (PLAN ET COUPE)										CARREFOURS				REGLEMENTAT., P. COCHERES, FOND							
NUM	SENC	DEBR	ANGB	RAYC	PROF	CRET	DTGD	DTTD	DCTT	DVTD	FEUX	DEPC	SENS	DPCD	DPCG	ACHT	FONP				
101U	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1,7	0,7	a	i				
104U	0	0	0	0	0	0	0,6	1	1,9	3,5	1	0,3	1	1,7	2	a	t				
105U	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,4	1	1,7	3,4	x	t				
106U	0	0	0	0	1	0	0	0,5	1	2,8	1	0,2	1	2,1	2,2	a	t				
107P	0	0	0	0	-2	0	0,5	0,9	2,1	2,6	1	0,7	2	2,2	0,9	a	t				
107I	0	0	0	0	2	0	0,5	1,1	2,1	2,2	0	0,7	2	0,9	2,2	a	t				
108U	dg	0,4	15	0,1	1	0	0	0	0,4	0	0	0	1	1,4	1	a	t				
109U	g	0,5	10	0	-1	0	0,5	0,5	0,9	2,6	0	0	1	1,6	2,1	x	t				
110U	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	x	t				
111U	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	x	t				
112U	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	x	t				
113U	0	0	0	0	-1	0	0,3	0,5	1,3	5,6	0	0	1	1,7	1	p	i				
114U	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2,9	p	i				
115U	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,3	x	t				
116U	0	0	0	0	-5	0	0	0	0	0	0	0	1	1,7	1,4	p	y				
118U	0	0	0	0	2	0	0,6	1,2	1,2	1,5	0	0	1	0	0	x	t				
120U	g	0,3	10	0	3	0	0	0,6	0,6	0	1	0	1	2,7	1,4	a	i				
121P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1,2	2,4	a	i				
121I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2,4	1,2	p	i				
122P	0	0	0	0	-3	0	0	0,7	0,7	0,8	0	0	2	1,3	2,1	p	i				
122I	0	0	0	0	3	0	0	0	0,7	0	1	0	2	2,1	1,3	x	i				
123P	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	1	0	2	1,5	1,7	x	i				
123I	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	1,7	1,5	a	y				
124U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	a	t				
125P	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	2	3,5	2,7	a	t				
125I	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2,7	3,5	x	t				
126U	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	2,7	1,3	a	t				
127U	0	0	0	0	2	0	0	0	0,9	0	1	0	1	1,5	2,4	x	i				
128U	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1,7	0,5	a	i				
129U	0	0	0	0	-4	0	0	0,6	0,6	0	0	0	1	0,8	3,3	x	t				
201U	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1,3	0	a	t				
202U	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	1	1,7	0	a	i				
203P	0	0	0	0	-1	0	0,7	0,7	0,7	2,6	1	0	2	0	0,9	a	i				
203I	0	0	0	0	1	0	0	0	0,7	0	1	0	2	0,9	0	x	i				
204P	g	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	1	0,6	2	0,7	1	x	i				
204I	d	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0,6	2	1	0,7	a	i				
205P	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	5	a	i				
205I	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	2	5	0	x	i				
206P	0	0	0	0	-2	0	0	0,4	0,4	0	1	0,4	2	0,5	0,5	x	i				
206I	0	0	0	0	2	0	0	0	0,4	0	0	0,4	2	0,5	0,5	p	y				
207U	0	0	0	0	2	0	0,3	0,3	0,3	0,7	0	0	1	0,4	1,1	p	y				
208U	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	x	t				
209U	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0,4	1	0	1,5	p	y				
210U	0	0	0	0	-2	1	0	0,5	1	0	1	1	1	0	0	a	i				
211U	d	0,3	25	0	1	0	0,3	0,3	0,6	1,3	0	0,6	1	2,3	0,7	x	i				
212P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	2	3,2	2,9	p	y				
212I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3	2	2,9	3,2	a	t				
213P	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,7	2	0	2,2	p	i				
213I	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0,7	2	2,2	0	x	t				
214U	0	0	0	0	-2	0	0	0,3	0,5	0	1	0,3	1	1,7	1,9	a	y				
215U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	1,6	a	y				
216U	0	0	0	0	1	0	0	0	0,5	0	0	0	1	1,5	1	a	i				
217U	g	1	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4,2	1,2	x	t				
301U	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	1,1	1,1	a	y				
302U	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2	a	t				
303U	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	2,4	1,4	p	y				
304U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,8	0	x	t				
305P	0	0	0	0	-4	0	0	0	0,6	0	0	0	2	0,6	1,4	a	t				
305I	0	0	0	0	4	0	0,6	0,6	0,6	1	0	0	2	1,4	0,6	a	i				
306P	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2,2	a	t				
306I	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	2	2,2	0	a	t				
402U	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	2,2	2,2	a	y				
403U	d	0,3	6	0	1	1	0,2	0,3	0,9	7,5	1	0	1	1,8	1,1	a	i				
404U	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1,4	0	x	y				
405U	0	0	0	0	0	1	0	0,2	0,7	0	0	0	1	2,2	1,4	a	y				
406U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	x	t				
407U	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	3,8	2,9	x	t				
409U	d	0,6	95	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	a	t				
410U	0	0	0	0	0	1	0	0,7	1	0	1	0	1	0,8	2,4	a	y				
501U	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0,8	3,1	a	y				
502U	0	0	0	0	-3	0	0	0,6	0,9	0	1	0	1	1,5	0,8	a	i				
503U	0	0	0	0	1	0	0,4	0,4	0,8	5,5	1	0,4	1	1,6	1,6	x	t				
504U	0	0	0	0	-1	0	0,4	0,4	0,4	0,5	0	0,4	1	1,4	3,6	p	i				
505U	d	0,6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,7	0,7	x	t				
506P	0	0	0	0	4	0	0	0	0,5	0	0	0,5	2	2,1	1,8	a	i				
506I	0	0	0	0	-4	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	2	1,8	2,1	p	y				

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

VITRINES, DIVERS...							INFORMATIONS DIVERSES										
NUM	DVLD	DVLG	SPEC	ORIT	ARBR	HIST		NPHO	TOBS	VEHM	NVEC	NVES	NSSD	ESSD	NSSG	ESSG	DEBI
101U	0	0	0	110	0	3		22	114	17,7	3	32	15,3	0,5	16,3	1,2	1,6
104U	1,7	1,6	0	290	0	1		20	102	37,1	10	34	14	4,3	20	3,3	2,3
105U	0,8	0,4	0	205	0	2		11	48	8,4	2	53	26,7	2,6	26,7	2,9	0,8
106U	0,7	0,4	0	205	0	1		11	48	94,6	19	127	59,7	7,1	67	8	3,4
107P	1	0,6	0	295	0	1		15	72	150,1	45	55	40	4,2	15	3,7	6,1
107I	0,6	1	0	115	0	1		14	66	42,2	13	0	15	3,7	40	4,2	1,9
108U	0,5	0	0	200	0	3		11	48	6,2	1	38	17,7	4	20,7	3,1	0,7
109U	1,1	0	0	305	dg	3		13	60	3	1	32	15	2,9	17	2,2	0,3
110U	0	0	0	295	0	3		16	78	3	1	23	13,7	1,2	9,3	2,1	0,5
111U	0	0	0	115	0	3		13	60	3,4	1	6	5,7	2,1	0,3	0,5	0,8
112U	0	0	0	290	0	3		13	60	0	0	5	5,3	1,7	0	0	0
113U	0,3	0,3	0	20	0	1		11	48	8	3	82	39	6,5	43	10,7	0,5
114U	1	0	0	20	0	1		12	54	15,8	4	51	24,3	5	26,7	4,1	2,4
115U	0	1,3	0	295	0	3		15	72	0	0	21	11	2,2	10	0,8	0
116U	0	0	0	315	0	3		14	66	0	0	18	9	1,6	9	1,4	0
118U	0	0	0	200	0	3		12	54	15,7	4	28	13,7	0,5	14,7	0,9	1,7
120U	0,5	0,3	0	160	dg	3		13	60	27,8	8	85	33,3	5,4	51,7	5,3	2,2
121P	0	2,4	0	290	dg	1		16	78	73,1	24	19	10,7	1,2	8,3	1,2	14,9
121I	2,4	0	0	110	dg	1		11	48	21,4	10	0	8,3	1,2	10,7	1,2	6,9
122P	1,7	0,4	0	290	dg	1		15	72	113,5	32	71	36,3	7,4	35	7,1	9,8
122I	0,4	1,7	0	110	dg	1		13	60	44,9	14	0	35	7,1	36,3	7,4	4,6
123P	3	3,3	0	290	0	1		15	72	26,1	11	38	20	3,7	18	1,4	4,6
123I	3,3	3	0	110	0	1		9	36	44	16	0	18	1,4	20	3,7	8,9
124U	0	0	0	20	0	1		8	30	0	4	8	3,7	0,5	4	0	0
125P	0	0	0	350	0	1		11	48	6,7	1	20	9,7	2,1	10,3	1,7	0,9
125I	0	0	0	170	0	1		11	48	2,7	1	0	10,3	1,7	9,7	2,1	0,6
126U	0	0	0	20	0	1		11	48	3,1	1	34	17,3	0,9	16,3	2,4	0,5
127U	0,5	1,8	0	205	0	1		10	42	28,8	10	45	22	2,4	22,7	5,6	3,3
128U	1,3	5	0	205	0	1		9	36	30,1	14	60	31,3	4,6	28,7	5	3,7
129U	1,5	1,3	0	320	0	3		12	54	8	4	44	18,3	6,6	19	5,1	1,3
201U	0	0	0	205	0	3		17	84	5,7	2	23	10,3	1,7	12,3	3,3	1,3
202U	0	0	0	25	0	1		15	72	10,8	3	32	14,7	3,3	17,3	0,9	1,6
203P	5,2	2,7	0	25	0	1		11	48	10,4	3	25	10,3	3,3	14,7	0,5	2,1
203I	2,7	5,2	0	205	0	1		10	42	13,7	8	0	14,7	0,5	10,3	3,3	3
204P	1,3	3,7	1	40	0	1		13	60	28,7	12	87	46	2,9	35,3	5,4	2,1
204I	3,7	1,3	1	205	0	1		12	54	92,2	18	0	35,3	5,4	46	2,9	7,9
205P	4,3	3,8	0	295	0	1		16	78	41,7	13	12	7,7	1,7	4	0,8	8,1
205I	3,8	4,3	0	115	0	1		16	78	15,2	5	0	4	0,8	7,7	1,7	3,2
206P	6,5	2,4	0	295	0	1		14	66	59	19	28	26	2,4	2,3	0,9	6
206I	2,4	6,5	0	115	0	1		14	66	78,4	20	0	2,3	0,9	26	2,4	8,5
207U	1,9	0,4	1	60	0	1		14	66	39	9	74	37,7	2,5	36,3	2,9	2,3
208U	5,7	6,9	0	335	0	3		11	48	4,8	2	43	22,3	2,6	19,7	3,7	0,9
209U	5,2	4,6	1	150	0	3		9	36	47	17	38	27,3	6,9	10,7	0,9	5,5
210U	3,8	3,5	0	210	0	1		7	24	6,9	4	31	15,7	3,9	15,7	1,7	1,4
211U	1	1	0	295	0	3		17	84	18,1	4	71	30,7	4,7	40,3	4,8	1
212P	0,7	0,7	1	315	dg	2		13	60	66,5	17	76	35	6,4	40	10,6	5,5
212I	0,7	0,7	1	135	dg	2		12	54	22,8	8	0	40	10,6	35	6,4	2,4
213P	0,9	3	1	205	0	1		11	48	19,8	5	15	14	1,6	1	0	2,8
213I	3	0,9	1	25	0	1		11	48	10,1	4	0	1	0	14	1,6	2,2
214U	3,9	1,6	1	295	0	1		13	60	83,1	26	53	26,3	1,2	27	3,7	5,7
215U	2,4	2,8	1	25	0	1		10	42	18,3	4	33	10,3	3,3	22,7	5,9	1,5
216U	5,1	5,1	0	100	0	1		16	78	36,4	10	42	22,3	1,7	19,3	3,9	3,8
217U	5,3	4,7	0	225	0	1		11	48	1,6	1	26	12,3	1,2	13,7	2,9	0,3
301U	0,6	0,6	0	205	0	3		11	48	0	1	39	20	3,6	19,3	0,5	0
302U	0	1	0	150	0	3		11	48	9,3	2	22	9,7	1,2	12,7	1,2	1,4
303U	0	0	0	145	0	3		11	48	0	0	21	10,7	2,1	10,3	1,7	0
304U	0	0	0	50	0	3		11	48	3,1	1	13	6,7	1,2	6,7	0,5	0,8
305P	0,6	1,4	0	320	0	1		11	48	14,1	3	38	19,3	1,2	18,7	3,1	2,2
305I	1,4	0,6	0	140	0	1		11	48	0	0	0	18,7	3,1	19,3	1,2	0
306P	4,4	2,2	0	320	0	3		12	54	0	1	7	1,3	0,9	6	1,4	0
306I	2,2	4,4	0	140	0	3		12	54	0	0	0	6	1,4	1,3	0,9	0
402U	3,8	4,9	1	275	0	1		19	96	55,4	12	36	23	7,5	13	2,8	3,9
403U	3,8	4,9	1	205	0	1		10	42	52,9	15	182	86,7	14	95,7	13,4	1,8
404U	0,7	1,4	0	300	0	3		16	78	5,8	2	36	16	1,4	19,7	1,7	0,6
405U	1,9	1,7	0	135	0	1		11	48	89,8	21	81	38	5,4	42,7	6,9	5,1
406U	5,9	0	0	25	0	1		11	48	0	0	16	8	2,4	8	2,2	0
407U	1,9	1,9	0	305	0	3		14	66	0	1	20	10,3	0,5	9,3	1,9	0
409U	1,5	0,6	0	230	0	3		15	72	0	0	42	21,7	1,2	20	2,4	0
410U	1,3	1,6	0	140	0	1		11	48	38,6	9	56	30	0,8	26,3	2,5	3,7
501U	2,3	2,3	1	315	0	3		11	48	19	6	31	15,7	2,6	15,3	5,4	4
502U	5,2	4,8	0	95	0	1		23	120	65,6	25	88	43	3,6	41,3	3,9	3,1
503U	1,1	1,6	0	95	0	2		12	54	42,2	11	59	29,7	1,2	29,7	2,5	4
504U	0	0	0	225	0	2		12	54	28,7	8	38	18,7	1,9	19	4,1	2,8
505U	4,3	6,4	0	15	0	3		11	48	0	0	41	21,7	1,7	19,7	1,9	0
506P	0	0,6	0	305	0	1		17	84	9,4	3	52	28,7	0,9	23,3	6,3	1
506I	0,6	0	0	125	0	1		16	78	68,4	15	0	23,3	6,3	28,7	0,9	6,6

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

NUM	VITESSES				CONCENTRATIONS				LONGUEURS, LARGEURS (ET VARIATIONS)							
	VMVT	VCIR	VMAX	VMIN	C100	CVOI	CLAR	DVCG	LONG	LMPD	ELPD	LMPG	ELPG	LARF	DEFD	DEFG
507P	30	30	37	16	1,47	1,47	0,51	3,5	100	40	69	27	17	16	0	0
507I	27	10	33	23	3,5	3,5	1,21	1,5	100	27	17	40	69	16	0	0
508U	33	24	47	16	1,36	1,36	0,37	0	340	16	64	22	81	12	0	5
509U	27	27	34	14	0,5	0,5	0,14	0	200	20	53	19	63	13	0	0
510U	26	26	26	26	0,14	0,14	0,04	0	195	16	48	83	52	50	0	0
511P	15	8	23	9	5,46	5,46	2,1	0,8	100	13	50	16	68	11,5	0	0
511I	21	19	28	14	0,83	0,83	0,32	5,5	100	16	68	13	50	11,5	0	0
513U	29	29	45	18	1,11	1,11	0,35	0	195	23	75	80	77	52	0	17
514U	15	13	18	9	1,98	1,98	0,54	0	40	18	60	30	0	250	0	0
515U	19	10	19	19	0,65	0,65	0,18	0	40	30	0	30	0	250	0	0
516U	30	30	34	22	0,33	0,33	0,09	0	425	26	84	20	88	11,5	0	4
517U	26	23	30	23	0,2	0,2	0,05	0	390	15	83	21	88	11,5	3	0
518U	27	23	36	14	0,59	0,59	0,14	0	200	32	73	19	66	13	0	0
519U	25	25	25	25	0,17	0,17	0,06	0	150	16	89	24	68	11,5	17	33
520U	31	31	31	31	0,32	0,32	0,1	0	100	20	43	18	33	12	27	0
521P	0	0	0	0	0,19	0,19	0,04	0,3	70	55	0	55	0	26	0	0
521I	9	9	9	9	0,3	0,3	0,07	0,2	70	55	0	55	0	26	0	0
601P	0	0	0	0	0	0	0	0	70	65	0	18	25	140	0	0
601I	0	0	0	0	0	0	0	0	70	18	25	65	0	140	0	0
602I	25	25	28	21	0,38	0,38	0,2	0	145	130	0	30	73	140	0	19
603U	24	9	24	24	0,34	0,34	0,11	0	140	28	72	12	33	11,5	25	0
604U	26	26	28	23	0,71	0,71	0,22	0	180	17	74	23	71	11,5	29	21
605P	0	0	0	0	0	0	0	0	125	14	44	14	60	11,5	0	0
605I	0	0	0	0	0	0	0	0	125	14	60	14	44	11,5	0	0
606P	26	26	42	9	1,45	1,45	0,35	2,5	125	23	60	21	64	20	0	0
606I	34	9	49	25	2,53	2,53	0,62	1,5	125	21	64	23	60	20	0	0
607P	25	24	31	18	2,6	2,6	0,63	2,1	110	32	67	19	60	20	0	0
607I	24	21	37	14	2,12	2,12	0,52	2,6	110	19	60	32	67	20	0	0
608P	18	16	36	11	2,49	2,49	0,61	2	75	20	40	17	33	20	0	0
608I	25	24	36	14	2	2	0,49	2,5	75	17	33	20	40	20	0	0
609U	19	19	28	14	1,36	1,36	0,43	0	110	23	33	30	56	12	0	0
610U	25	17	34	19	1,09	1,09	0,29	0	240	23	93	17	88	12	0	44
612U	37	37	37	37	0,45	0,45	0,17	0	80	23	43	18	40	9,5	0	0
613U	29	29	42	15	1,2	1,2	0,32	0	235	18	65	13	89	12,5	0	0
614U	26	26	30	21	0,58	0,58	0,16	0	240	16	73	15	64	12	0	0
615U	0	0	0	0	0	0	0	0	115	12	75	13	50	9,5	0	0
616U	23	23	23	23	0,17	0,17	0,05	0	145	17	75	19	64	13	0	0
617P	21	17	33	9	0,53	0,53	0,33	0,1	100	15	12	18	69	11,5	0	0
617I	0	0	0	0	0,08	0,08	0,05	0,5	100	18	69	15	12	11,5	0	0
701P	17	10	31	9	4,16	4,16	1,01	1,5	160	18	70	21	60	20	0	0
701I	23	22	36	9	1,48	1,48	0,36	4,2	160	21	60	18	70	20	0	0
702U	25	19	33	16	0,67	0,67	0,21	0	200	21	83	17	70	12	0	0
703U	23	23	27	19	1,01	1,01	0,27	0	190	19	75	20	79	12	0	0
704U	13	13	14	11	0,19	0,19	0,05	0	285	26	85	19	70	13	0	0
705U	25	22	28	23	0,49	0,49	0,12	0	300	33	82	14	83	12,5	0	0
706U	20	7	27	14	3,68	3,68	0,99	0	180	19	80	33	73	12,5	0	0
707U	27	12	37	9	0,87	0,87	0,27	0	355	29	82	20	80	12	0	0
801P	22	22	27	18	0,3	0,3	0,12	0,3	310	42	84	24	62	15	0	0
801I	17	15	23	12	0,3	0,3	0,12	0,3	310	24	62	42	84	15	0	0
802P	26	26	34	18	1,43	1,43	0,55	0,1	270	21	84	36	60	15	0	0
802I	23	23	23	23	0,09	0,09	0,03	1,4	270	36	60	21	84	15	0	0
803U	0	0	0	0	0,56	0,56	0,18	0	90	16	57	80	0	12	0	0
804U	9	9	9	9	0,48	0,48	0,15	0	65	28	71	55	0	12	0	0
805U	21	13	28	14	2,58	1,29	0,45	0	260	31	67	36	81	16	0	0
806U	17	12	23	9	1,55	0,78	0,27	0	240	22	64	34	90	16	5	0
807U	22	18	28	9	0,85	0,85	0,2	0	345	28	84	33	85	13,5	7	18
808U	0	0	0	0	0	0	0	0	235	22	62	16	91	20	0	0
809U	20	16	33	16	1,27	0,42	0,15	0	85	23	33	33	50	20	0	0
810U	22	16	31	9	0,66	0,22	0,08	0	140	16	57	38	55	20	0	0
811U	28	21	30	26	0,31	0,16	0,05	0	305	20	63	23	67	16,5	2	0
812U	0	0	0	0	0	0	0	0	85	38	33	75	0	12	0	0
813P	20	7	33	9	4,12	4,12	1	1,3	135	26	63	25	58	20	0	0
813I	24	20	30	14	1,31	1,31	0,32	4,1	135	25	58	26	63	20	0	0
814P	23	8	33	10	2,73	2,73	0,67	2	210	23	67	25	78	20	0	0
814I	23	17	34	9	1,98	1,98	0,48	2,7	210	25	78	23	67	20	0	0
815U	18	18	33	11	0,8	0,8	0,25	0	170	21	63	21	63	11,5	0	0
816U	19	5	27	14	2,38	1,19	0,47	0	150	30	82	20	50	11,5	0	0
817U	14	7	14	14	0,44	0,44	0,14	0	70	28	29	45	0	12	50	0
901U	30	26	51	9	0,75	0,38	0,16	0	335	25	57	46	89	14,5	6	46
902U	23	10	34	9	1,7	0,85	0,36	0	160	23	63	21	32	14,5	14	7
903U	23	23	23	23	0,15	0,08	0,03	0	120	28	62	22	57	14	0	0
904U	45	45	79	14	1,67	0,56	0,2	0	180	28	86	23	71	20	13	6
905U	23	15	33	16	5,15	1,72	0,63	0	110	18	60	21	64	20	0	11
906U	0	0	0	0	0	0	0	0	140	37	54	31	34	14	0	0

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

LARGEURS (SUITE) ET VARIATIONS												HAUTEURS					
NUM	LACT	LACD	VOIN	LUCT	DEUD	DEUG	DGED	DGEG	LARO	DEOD	DEOG	HAFD	HAFG	DDHD	DDHG	DAHD	DAHG
507P	9,5	5	1,3	5,8	38	81	1,5	0	16	15	10	1	4	0	29	29	0
507I	9,5	5	1,3	5,8	81	38	0	1,5	16	10	15	4	1	29	0	0	29
508U	7,5	7,5	1,6	3,7	31	23	0	0	12	10	13	4	4	32	31	0	0
509U	7,5	7,5	1,6	3,7	35	25	0,8	0	13	20	30	4	4	0	36	0	0
510U	7,5	7,5	1,6	3,7	49	29	0,8	0	12	5	8	1	1	0	16	41	0
511P	7	3,5	1,1	5,2	38	0	0	0	11,5	30	15	4	4	13	27	0	0
511I	7	3,5	1,1	5,2	0	38	0	0	11,5	15	30	4	4	27	13	0	0
513U	7	7	1,4	3,2	63	58	0	0	12	15	5	1	1	0	0	48	34
514U	7,5	7,5	1,6	3,7	26	50	0	0	12	13	13	1	1	0	0	25	25
515U	7,5	7,5	1,6	3,7	62	50	0	0	12	13	13	1	1	0	0	25	25
516U	7,5	7,5	1,6	3,7	50	50	0	0	11,5	9	13	4	4	12	51	0	0
517U	7,5	7,5	1,6	3,7	47	63	0	0	11,5	22	9	4	4	50	50	0	0
518U	8	8	1,8	4,2	15	20	0	0,8	13	15	10	4	4	30	27	0	0
519U	6,5	6,5	1,2	2,7	44	41	0	0	11,5	17	10	1	4	0	25	29	0
520U	7	7	1,4	3,2	29	39	0	0	12	25	30	1	4	20	33	27	0
521P	13	6,5	1,9	8,8	0	45	0	0	26	21	21	4	4	0	0	0	0
521I	13	6,5	1,9	8,8	45	0	0	0	26	21	21	4	4	0	0	0	0
601P	7,5	4	0,8	3,8	52	22	2,1	0	12	14	14	4	4	27	45	0	0
601I	7,5	4	0,8	3,8	22	52	0	2,1	12	14	14	4	4	45	27	0	0
602I	7,5	4	0,8	3,8	27	17	1	0	12	7	14	1	4	0	0	0	0
603U	7	7	1,4	3,2	0	0	2,5	0	11,5	14	14	4	4	33	0	0	0
604U	7	7	1,4	3,2	5	19	0	0	11,5	28	19	4	4	17	13	0	0
605P	7,5	4	0,8	3,8	14	0	0	0	11,5	12	16	4	1	0	0	0	50
605I	7,5	4	0,8	3,8	0	14	0	0	11,5	16	12	1	4	0	0	50	0
606P	12	6	1,8	8,2	50	67	0	1,2	20	16	20	4	4	0	13	0	0
606I	12	6	1,8	8,2	67	50	0	0	20	20	16	4	4	13	0	0	0
607P	12	6	1,8	8,2	8	31	0	1,4	20	5	5	4	4	0	11	0	0
607I	12	6	1,8	8,2	31	8	0	0	20	5	5	4	4	11	0	0	0
608P	12	6	1,8	8,2	57	27	2	0	20	33	27	4	4	40	20	0	0
608I	12	6	1,8	8,2	27	57	0	2	20	27	33	4	4	40	20	0	0
609U	7	7	1,4	3,2	22	39	0	0	12	18	18	4	4	0	0	0	0
610U	7,5	7,5	1,6	3,7	22	18	0	0	12	10	10	4	4	38	0	0	0
612U	6,5	6,5	1,2	2,7	8	16	0	0	9,5	13	13	1	4	7	21	0	21
613U	7,5	7,5	1,6	3,7	20	33	4,9	2,8	12,5	23	17	4	4	16	0	0	0
614U	7,5	7,5	1,6	3,7	27	25	0	0	12	10	13	4	4	11	11	0	0
615U	6	6	1	2,2	25	43	0	0	9,5	9	9	4	1	45	0	0	23
616U	7,5	7,5	1,6	3,7	5	30	3,4	1	13	28	14	4	4	0	9	0	0
617P	7	3,5	0,7	3,2	19	0	0	1,5	11,5	25	15	4	4	46	31	0	0
617I	7	3,5	0,7	3,2	0	19	0	0	11,5	15	25	4	4	31	46	0	0
701P	12	6	1,8	8,2	32	48	0	5,3	20	38	25	4	4	20	10	0	0
701I	12	6	1,8	8,2	48	32	5,3	0	20	25	38	4	4	10	20	0	0
702U	7	7	1,4	3,2	39	38	0	0	12	23	28	4	4	3	0	27	0
703U	7,5	7,5	1,6	3,7	40	49	0	0	12	26	26	4	4	30	17	0	0
704U	7,5	7,5	1,6	3,7	44	19	0,5	0	13	26	23	4	4	10	0	24	0
705U	8	8	1,8	4,2	31	26	0	0	12,5	18	15	4	4	0	35	25	0
706U	7,5	7,5	1,6	3,7	40	38	0	0	12,5	28	31	4	4	0	25	0	0
707U	7	7	1,4	3,2	37	60	0,4	0	12	15	20	4	4	25	32	0	0
801P	9	4,5	1,1	5,2	38	41	2,1	4,8	15	18	27	4	4	0	0	0	0
801I	9	4,5	1,1	5,2	41	38	4,8	2,1	15	27	18	4	4	0	0	0	0
802P	9	4,5	1,1	5,2	39	25	0,6	0,6	15	30	30	4	4	0	0	0	0
802I	9	4,5	1,1	5,2	25	39	2,4	2,4	15	30	30	4	4	0	0	0	0
803U	7	7	1,4	3,2	43	25	0	0	12	11	11	4	4	0	0	0	0
804U	7	7	1,4	3,2	43	43	2,3	0	12	15	15	4	4	0	0	0	0
805U	9,5	9,5	2,5	5,7	30	37	1,3	2,5	16	29	25	4	4	0	0	0	0
806U	9,5	9,5	2,5	5,7	27	39	1,5	2,1	16	17	13	4	4	7	7	0	0
807U	8	8	1,8	4,2	23	30	0	1	13,5	20	20	4	4	7	0	0	0
808U	12	12	3,6	8,2	77	81	1,5	0	20	9	13	4	4	40	25	0	0
809U	12	12	3,6	8,2	26	62	0	4,1	20	12	24	4	4	46	0	0	0
810U	12	12	3,6	8,2	0	22	3,6	1,1	20	18	14	4	4	0	9	0	0
811U	9,5	9,5	2,5	5,7	40	24	11	3,8	16,5	13	11	4	4	38	19	0	0
812U	7	7	1,4	3,2	33	40	0	1,8	12	12	12	4	4	0	0	0	0
813P	12	6	1,8	8,2	35	31	0	1,1	20	30	22	4	9	0	61	0	0
813I	12	6	1,8	8,2	31	35	1,1	0	20	22	30	9	4	61	0	0	0
814P	12	6	1,8	8,2	5	14	3,1	4,8	20	14	14	4	4	11	8	0	0
814I	12	6	1,8	8,2	14	5	4,8	3,1	20	14	14	4	4	8	11	0	0
815U	7	7	1,4	3,2	9	8	2,9	9,7	11,5	18	18	4	4	0	0	0	0
816U	7	7	2,2	5,1	9	17	9	1	11,5	20	37	4	4	29	0	0	0
817U	7	7	1,4	3,2	0	14	0	0	12	43	43	1	4	0	0	50	0
901U	8,5	8,5	2	4,7	54	64	0	0	14,5	3	3	4	4	38	23	0	12
902U	8,5	8,5	2	4,7	24	30	2,2	0	14,5	13	13	4	4	29	14	0	0
903U	8,5	8,5	2	4,7	43	56	0	0	14	8	8	4	4	32	18	32	0
904U	12	12	3,6	8,2	54	64	0,8	0	20	11	6	1	4	13	34	19	0
905U	12	12	3,6	8,2	22	11	0	26	20	18	18	4	4	22	50	0	0
906U	8,5	8,5	2	4,7	50	27	0	2,5	14	25	11	4	4	24	29	0	0

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

TRACÉ (PLAN ET COUPE)										CARREFOURS			REGLEMENTAT., P. COCHERES, FOND						
NUM	SENC	DEBR	ANGB	RAYC	PROF	CRET	DTGD	DTTD	DCTT	DVTD	FRUX	DEPC	SENS	DPCD	DPGC	ACHT	PONP		
507P	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1,3	1,3	p	y	
507I	0	0	0	0	-4	0	0	0	0	0	1	1	2	1,3	1,3	a	y		
508U	0	0	0	0	2	1	0	0,3	0,6	0	1	0,3	1	2,6	2,1	a	y		
509U	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1	4,2	0	0	1	1,3	2,3	p	y		
510U	0	0	0	0	-4	0	0	0	0	0	0	0	1	3,1	1,8	x	t		
511P	0	0	0	0	-1	0	1	1	1	1	1	0	2	0	2,5	a	y		
511I	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	2,5	0	p	i		
513U	0	0	0	0	3	0	0	0,5	1	2,3	0	0	1	1,9	0	p	i		
514U	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	2,9	0	x	y		
515U	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	x	y		
516U	0	0	0	0	1	0	0	0,2	0,5	0,9	0	0	1	2,1	2,2	x	t		
517U	0	0	0	0	-1	0	0,3	0,5	0,8	0,5	0	0	1	2,2	1,7	p	y		
518U	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3,8	4,2	a	y		
519U	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9	2,8	x	t		
520U	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0,6	0	0	1	3,3	3,6	a	i		
521P	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	a	t		
521I	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	x	y		
601P	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1,8	a	t		
601I	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	2	1,8	0	x	t		
602I	d	0,7	55	0	-4	0	0	0	0,7	0	0	0	2	0	0,8	p	t		
603U	g	0,7	20	0	1	0	0	0,7	1,4	0	0	0	1	0,9	1	x	y		
604U	0	0	0	0	5	0	0,6	1,1	1,7	0,9	1	0	1	1,7	0,7	p	i		
605P	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1,1	x	y		
605I	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	2	1,1	0	a	t		
606P	0	0	0	0	-1	0	0	0,8	0,8	0	1	0	2	1,1	1	p	i		
606I	0	0	0	0	1	0	0	0	0,8	0	1	0	2	1	1,1	a	i		
607P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3,2	1,1	x	i		
607I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1,1	3,2	p	i		
608P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1,7	0	a	i		
608I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1,7	x	i		
609U	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1,1	a	t		
610U	d	0,4	5	0	2	0	0	0,4	0,8	0	0	0	1	0	2	a	y		
612U	0	0	0	0	-5	0	0	0	0	0	0	0	1	1,4	0	a	t		
613U	0	0	0	0	3	0	0,4	0,9	1,3	1,8	1	0	1	1,1	1,6	a	i		
614U	0	0	0	0	-5	0	0	0,4	0,8	0	0	0	1	1	2	a	t		
615U	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	x	t		
616U	0	0	0	0	-2	0	0,7	0,7	0,7	0	0	0,7	1	0	1,5	a	i		
617P	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3,3	a	i		
617I	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	2	3,3	0	x	t		
701P	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1,6	a	i		
701I	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	2	1,6	0	a	i		
702U	0	0	0	0	-3	0	0	0	0,5	0	0	0	1	1,2	2,7	a	i		
703U	0	0	0	0	3	0	0,5	0,5	1,1	1,5	1	0	1	2,7	2,1	a	y		
704U	d	0,4	10	0	1	1	0,4	0,7	1,4	1,5	1	0	1	1,4	2,4	a	i		
705U	d	0,3	70	0	-4	0	0	0,7	1,3	0	0	0	1	2,2	2,9	x	t		
706U	0	0	0	0	-4	0	0,6	0,6	1,1	2,9	0	0	1	1,5	1,5	a	t		
707U	g	0,3	10	0	3	0	0,3	0,6	1,1	0,6	1	0	1	1	2,9	a	y		
801P	0	0	0	0	0	0	0	0,6	1,6	4,2	0	0	2	2	1,4	x	t		
801I	0	0	0	0	0	0	0,3	1	1,6	2,9	0	0	2	1,4	2	a	t		
802P	g	0,4	5	0	3	0	0	1,1	1,9	0,9	0	0	2	0	2,2	a	t		
802I	d	0,4	5	0	-3	0	0,4	0,7	1,9	8,6	0	0	2	2,2	0	a	t		
803U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,3	0	x	t		
804U	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	x	t		
805U	d	0,4	10	0	0	1	0,4	1,2	1,9	5,8	1	0	1	1,1	1,1	x	i		
806U	d	0,4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2,5	2,9	a	i		
807U	0	0	0	0	-2	0	0,6	0,9	1,7	10	0	0	1	0,8	1,2	a	t		
808U	0	0	0	0	2	0	0	0	0,4	0,8	1	0	1	1,1	2,3	x	i		
809U	0	0	0	0	2	0	0	0	1,2	0	1	0	1	0	0	x	i		
810U	0	0	0	0	3	0	0,7	0,7	0,7	2,4	0	0	1	2,7	2,6	a	y		
811U	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	1	3,5	3	x	t		
812U	d	1,2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	x	t		
813P	0	0	0	0	-1	0	0	0,7	0,7	0	1	0	2	0	2	x	i		
813I	0	0	0	0	1	0	0	0	0,7	0	1	0	2	2	0	a	i		
814P	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	2	2,7	1,7	a	i		
814I	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	1,7	2,7	x	i		
815U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3,4	2,8	x	t		
816U	g	0,7	15	0	-1	0	0	0	0,7	1,8	0	0	1	0,8	1	a	y		
817U	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	3,6	0	a	i		
901U	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2,5	1,5	a	y		
902U	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	1	3,7	3,4	a	i		
903U	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3,6	2,7	p	i		
904U	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2,4	2,5	p	i		
905U	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1,2	a	i		
906U	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0,9	4	p	i		

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

VITRINES, DIVERS...							INFORMATIONS DIVERSES									
NUM	DVLD	DVLG	SPEC	ORIT	ARBR	HIST	NPHO	TOBS	VEHM	NVEC	NVES	NSSD	ESSD	NSSG	ESSG	DEBI
507P	0	0	0	325	0	2	15	72	44,9	12	12	8,7	2,1	2,7	0,5	7,4
507I	0	0	0	145	0	2	15	72	40,9	11	0	2,7	0,5	8,7	2,1	5,8
508U	1,6	1,8	0	345	0	2	11	48	65,6	13	65	31	7,9	34	3,7	5,4
509U	1,9	1,5	0	55	0	2	11	48	18	6	34	18,3	2,4	15	0,8	2,3
510U	0	0	0	170	0	2	11	48	4,3	1	33	13,7	2,6	19,3	4,6	0,6
511P	4,6	2,5	0	295	0	3	11	48	30	16	8	8	2,2	0	0	7,3
511I	2,5	4,6	0	115	0	3	11	48	10,7	5	0	0	0	8	2,2	2,6
513U	0	0	0	295	0	2	12	54	43,9	12	23	9,7	3,7	13,3	2,4	5,4
514U	0	0	0	205	0	3	13	60	7,6	6	7	3,7	0,5	3	1,4	4,3
515U	0	0	0	25	0	3	15	72	3,1	1	5	2,3	0,5	3	0,8	1,1
516U	0,8	0,3	1	205	0	1	12	54	24,6	8	59	30,3	6,8	28,3	2,6	1,7
517U	0	0	0	25	0	1	12	54	8,7	3	44	23	6,5	21,3	5,2	0,8
518U	0	0,5	0	55	0	1	16	78	26,6	7	35	17	3,3	17,7	3,3	2,3
519U	0	0	0	220	0	1	12	54	4,1	1	24	11,3	2,6	12,3	2,1	0,7
520U	0	0	0	130	0	1	19	96	10,5	4	10	5,7	2,9	4,3	2,1	1,7
521P	0	0	0	295	dg	1	14	66	0	0	27	21	2,8	6	0	0
521I	0	0	0	115	dg	1	14	66	1,5	2	0	6	0	21	2,8	0,5
601P	0	1,8	0	355	0	3	11	48	0	0	14	6,3	1,2	7	0,8	0
601I	1,8	0	0	175	0	3	11	48	0	0	0	7	0,8	6,3	1,2	0
602I	0	0	0	120	0	3	11	48	8,2	3	0	19	5	18,3	2,1	1,6
603U	0	4,8	0	245	0	3	20	102	4	1	42	21,3	2,9	20,3	2,1	0,5
604U	0,8	0	0	315	0	3	11	48	17,2	4	40	19	0,8	21	5	3,1
605P	3,6	0	0	275	0	3	21	108	0	0	36	19	1,4	17	0,8	0
605I	0	3,6	0	95	0	3	21	108	0	0	0	17	0,8	19	1,4	0
606P	2,2	1,9	0	50	0	2	16	78	47,2	13	15	8	3,6	6,3	2,9	6,3
606I	1,9	2,2	0	230	0	2	18	90	22,9	8	0	6,3	2,9	8	3,6	3,8
607P	0	3,2	0	50	0	2	15	72	67,1	18	24	12	0	11,7	1,9	10,4
607I	3,2	0	0	230	0	2	15	72	47,9	14	0	11,7	1,9	12	0	7,4
608P	0	6	0	230	0	2	15	72	24,3	13	12	4,3	1,2	7,3	1,9	6,6
608I	6	0	0	50	0	2	14	66	20,9	14	0	7,3	1,9	4,3	1,2	8
609U	4,4	0	0	310	0	2	12	54	22,6	9	24	14	2,9	9,7	0,5	4,3
610U	5,4	4,4	0	35	0	1	11	48	29,5	7	59	32	5,1	27	1,4	3,1
612U	0	1,4	0	135	0	1	11	48	6,2	3	23	11	1,4	11,7	2,9	2,8
613U	3,3	2,6	1	220	0	1	11	48	47,7	12	51	25,7	4,1	21,3	7,4	5,8
614U	5,9	2,9	0	135	0	1	13	60	21,5	5	52	27	4,1	24,7	1,9	2,5
615U	2,9	1	0	315	0	2	13	60	0	0	28	15,7	1,2	12	3,7	0
616U	4	3,1	0	40	0	1	12	54	3,9	1	36	19	0,8	15,3	2,6	0,7
617P	1,7	0	0	230	0	1	14	66	6,9	3	22	9,7	1,2	12	2,9	1,5
617I	0	1,7	0	50	0	1	12	54	0	1	0	12	2,9	9,7	1,2	0
701P	3,8	5,6	0	50	0	2	14	66	61,9	26	27	14,3	3,3	11	1,4	6,9
701I	5,6	3,8	0	230	0	2	15	72	37,7	12	0	11	1,4	14,3	3,3	5,4
702U	1,2	2	0	45	0	1	11	48	12,3	4	31	17,7	7,8	13,7	3,4	2,1
703U	1,3	0	1	255	0	2	11	48	22,6	9	25	13,3	3,8	11,3	3,7	3,9
704U	0,5	1,4	0	205	0	2	11	48	4,2	3	47	20,3	1,2	26	2,2	0,4
705U	0,9	0,4	0	90	0	2	12	54	12,4	6	50	25	0	25	2,9	1,8
706U	1,5	1,5	0	45	0	1	11	48	26,9	9	27	13,3	2,1	13,7	1,2	4,3
707U	1,7	1,8	0	305	0	1	11	48	22,4	6	49	33	2,2	16	0	1,7
801P	4	2,3	1	50	0	3	13	60	14,9	4	51	24,7	5,8	22	5,9	1,1
801I	2,3	4	0	230	0	3	12	54	8,4	3	0	22	5,9	24,7	5,8	0,8
802P	3,7	2,8	0	315	0	3	13	60	57	17	46	23	6,4	21	2,9	6,2
802I	2,8	3,7	0	130	0	3	12	54	3,8	2	0	21	2,9	23	6,4	0,3
803U	1,3	2,5	0	50	0	3	12	54	0	0	20	8	2,2	12	0,8	0
804U	7,3	7,3	0	315	0	3	13	60	1,6	2	13	6,3	1,2	6,3	0,5	0,7
805U	5,9	6,1	0	40	0	1	11	48	55,9	16	45	23	3,7	20,3	2,1	5,6
806U	5,5	5,4	0	50	0	1	13	60	23,2	14	41	22	4,5	17,7	5,6	3,1
807U	3,5	3,5	0	135	0	3	12	54	41,2	11	69	36	5,7	32	6,4	2,6
808U	4	4	1	315	0	2	16	78	0	0	13	7	5,9	5	2,2	0
809U	4,3	7,7	0	315	0	2	16	78	16,9	5	16	10,3	0,5	5	2,2	3,4
810U	6,4	2,6	0	315	0	2	16	78	18,5	5	31	16,3	3,3	13,3	1,7	1,8
811U	0,8	3	0	185	0	2	12	54	14	3	59	20,3	2,5	29	6,4	1,1
812U	1,3	2,7	0	225	0	3	13	60	0	0	19	10	1,6	9	1,4	0
813P	4,8	4	0	45	0	2	14	66	30,7	13	25	13,7	3,7	11	2,8	4,8
813I	4	4,8	0	225	0	2	14	66	32,1	9	0	11	2,8	13,7	3,7	4,4
814P	4,3	4,6	0	45	0	2	14	66	26,7	11	54	25,7	0,5	25	5,9	3,6
814I	4,6	4,3	0	225	0	2	15	72	46	17	0	25	5,9	25,7	0,5	5,6
815U	1,4	2,1	0	210	0	2	11	48	14,8	5	41	17,3	2,1	19,3	2,9	2,4
816U	4,2	5	0	45	0	1	10	42	9,4	5	17	2	1,4	15	0,8	2
817U	1,8	4,4	0	305	0	1	14	66	2,3	1	15	7	2,2	7,7	1,7	0,5
901U	0,3	0,9	1	70	0	1	18	90	65,5	14	42	22,7	6	19,7	4	3,3
902U	1,5	2,1	0	70	0	1	19	96	26,3	10	27	13	2,2	13,3	2,6	2,8
903U	0	0,9	0	355	0	1	11	48	3,8	1	15	8	2,2	7	2,2	0,6
904U	1,2	0	0	315	0	2	21	108	178,2	29	21	12	1,4	8,7	4,1	12,5
905U	1,1	3,5	0	315	0	2	20	102	93,9	26	33	14	0,8	13,3	2,1	12,9
906U	2,7	1,6	0	175	0	1	12	54	0	0	22	10	2,2	11	1,4	0

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

ANNEXE 11

Comparaison supposés tronçons d'échelle 0 /supposés tronçons à trafic dense

SUPPOSÉS TRONÇONS D'ÉCHELLE 0									SUPPOSÉS TRONÇONS À TRAFIC DENSE							
NUM	CVOI2	VCIR2	NUM	CVOI2	VCIR2	NUM	CVOI2	VCIR2	CODE	CVOI2	VCIR2	LARF	LONG	NPHO	TOBS	NVEC
101U	0,35	28	215U	1,03	9	606P	1,99	18	A101	2,3	27	45	450	16	78	138
104U	0,88	16	216U	2,29	10	606I	1,99	18	A201	2,4	27	45	260	17	84	95
105U	0,29	17	217U	0,17	9	607P	2,36	23	A301	1,7	27	45	240	17	84	65
106U	0,84	24	301U	0,05	0	607I	2,36	23	B101	5,6	10	60	260	8	30	73
107P	1,33	18	302U	0,31	28	608P	2,25	20	C112	2	-	24	250	13	60	35
107I	1,33	18	303U	0,00	0	608I	2,25	20	C212	4,2	-	24	250	15	72	77
108U	0,11	37	304U	0,26	19	609U	1,36	19	C312	8,6	-	24	160	15	72	110
109U	0,10	18	305P	0,24	14	610U	1,09	17	D102	3,6	27	60	140	8	30	23
110U	0,17	18	305I	0,24	14	612U	0,45	37	D202	2,4	27	60	490	7	24	52
111U	0,24	20	306P	0,08	0	613U	1,20	29	D302	1,2	27	60	340	7	24	23
112U	0,00	0	306I	0,08	0	614U	0,58	26	E101	1,8	35	120	580	18	90	292
113U	0,19	16	402U	1,45	16	615U	0,00	0	F113	3,9	-	24	240	10	42	123
114U	0,45	32	403U	1,23	9	616U	0,17	23	G103	1,7	22	120	680	19	96	337
115U	0,00	0	404U	0,36	10	617P	0,31	9	H124	4,8	-	24	160	11	48	56
116U	0,00	0	405U	1,47	21	617I	0,31	9	H224	6,6	-	24	100	12	54	48
118U	0,45	23	406U	0,00	0	701P	2,82	16	H324	4,8	-	24	340	9	36	109
120U	0,89	15	407U	0,06	0	701I	2,82	16	I134	3,6	-	24	730	12	54	174
121P	2,75	25	409U	0,00	0	702U	0,67	19	J145	3	16	35	170	12	54	77
121I	2,75	25	410U	0,85	26	703U	1,01	23	J245	2,2	24	35	460	13	60	140
122P	1,97	22	501U	3,46	7	704U	0,19	13	J345	1,6	24	35	490	11	48	103
122I	1,97	22	502U	0,92	10	705U	0,49	22	K105	5	15	40	180	13	60	97
123P	4,49	10	503U	1,21	20	706U	3,68	7	K205	3	15	40	260	14	66	85
123I	4,49	10	504U	0,57	29	707U	0,87	12	L156	1,5	25	36	250	13	60	68
124U	1,43	0	505U	0,15	0	801P	0,30	19	L256	2,2	25	36	140	10	42	49
125P	0,18	28	506P	0,84	23	801I	0,30	19	L356	1,4	25	36	270	10	42	58
125I	0,18	28	506I	0,84	23	802P	0,76	25	M106	4,1	31	40	390	19	96	230
126U	0,16	19	507P	2,49	20	802I	0,76	25	N167	3,8	19	40	240	13	60	120
127U	2,21	9	507I	2,49	20	803U	0,56	0	N267	2,9	19	40	240	14	66	90
128U	3,68	6	508U	1,36	24	804U	0,48	9	N367	2	19	40	130	14	66	41
129U	0,34	12	509U	0,50	27	805U	1,29	13	N467	2,1	19	40	250	11	48	77
201U	0,45	17	510U	0,14	26	806U	0,78	12	Q107	2,3	12	70	390	20	102	316
202U	0,43	22	511P	3,15	14	807U	0,85	18	P107	3,4	19	40	80	22	114	82
203P	4,63	4	511I	3,15	14	808U	0,00	0	Q178	2,3	15	40	390	13	60	129
203I	4,63	4	513U	1,11	29	809U	0,42	16	Q278	3,6	15	40	160	12	54	76
204P	1,54	19	514U	1,98	13	810U	0,22	16	Q378	2,4	15	40	170	14	66	59
204I	1,54	19	515U	0,65	10	811U	0,16	21	R108	2,3	14	70	690	19	96	562
205P	2,25	15	516U	0,33	30	812U	0,00	0	S189	2	-	38	380	17	84	110
205I	2,25	15	517U	0,20	23	813P	2,72	14	S289	1	-	38	300	15	72	47
206P	1,93	23	518U	0,59	23	813I	2,72	14	T109	2,8	31	250	600	19	96	345
206I	1,93	23	519U	0,17	25	814P	2,36	13	U109	0,8	11	35	190	11	48	24
207U	0,64	22	520U	0,32	31	814I	2,36	13	U209	4,9	11	35	200	12	54	122
208U	0,90	6	521P	0,25	5	815U	0,80	18								
209U	2,55	13	521I	0,25	5	816U	1,19	5								
210U	0,41	21	601P	0,00	0	817U	0,44	7								
211U	0,23	27	601I	0,00	0	901U	0,38	26								
212P	0,71	34	602I	0,34	25	902U	0,85	10								
212I	0,71	34	603U	0,34	9	903U	0,08	23								
213P	0,79	20	604U	0,71	26	904U	0,56	45								
213I	0,79	20	605P	0,00	0	905U	1,72	15								
214U	1,79	19	605I	0,00	0	906U	0,00	0								

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

ANNEXE 12

Les 9 supposés points-de-réseau : activité aux frontières

Cette annexe regroupe les résultats des comptages directionnels des véhicules aux frontières des neuf supposés points-de-réseau, délimités par les voies à trafic dense (supposés axes de rabattement).

Elle compte neuf planches - une par supposé point-de-réseau ; chaque planche comprend :

1- Une carte schématique du supposé point-de-réseau, où chaque carrefour entre un supposé axe de rabattement et un supposé tronçon d'échelle 0 est représenté par un graphique en camembert indiquant la répartition, à ce carrefour, entre les trois types de trafic :

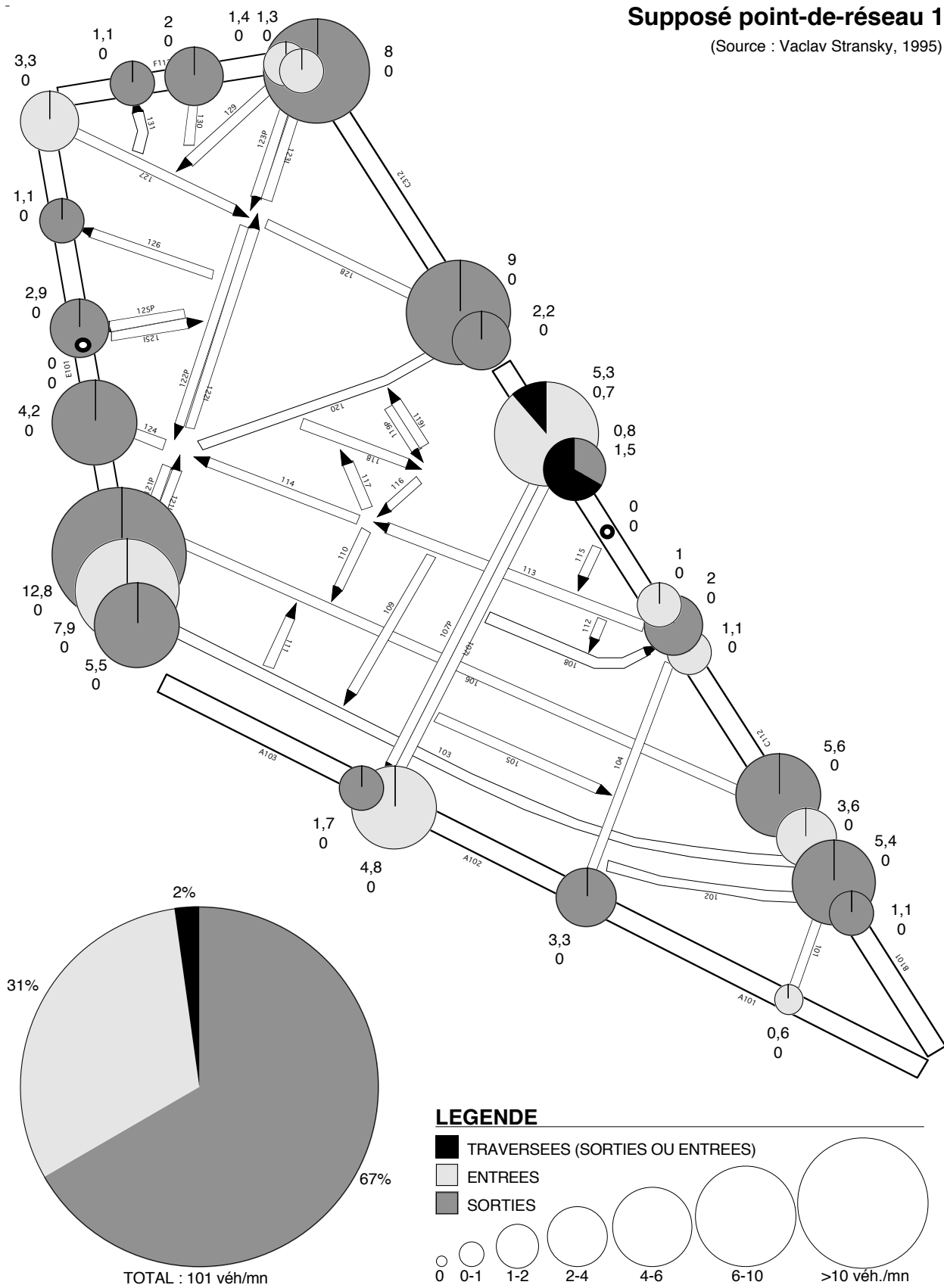
- trafic sortant (ou de rabattement), figuré en gris foncé ;
- trafic entrant (ou irriguant), figuré en gris clair ;
- trafic traversant (ou transfrontalier), figuré en noir.

La surface de chaque camembert est proportionnelle à l'importance du trafic, exprimé en nombre de véhicules par minute : il est en effet préférable de raisonner en débit, dans la mesure où le temps d'observation total (cumul des trois couvertures aériennes) d'un carrefour varie, selon le cas (en fonction de sa situation dans la photo et de la hauteur des immeubles environnants), entre une minute et demie et deux minutes et demie ; le fait de ramener le trafic à une unité de temps commune permet de rendre les quantités observées comparables (entre carrefours) et additives (entre couvertures, pour un même carrefour).

2- Un graphe en camembert "global", traduisant l'activité circulatoire totale (et sa composition) aux frontières du supposé point-de-réseau pris dans son intégralité (la surface du camembert global étant la somme des surfaces de tous les "camemberts-carrefours").

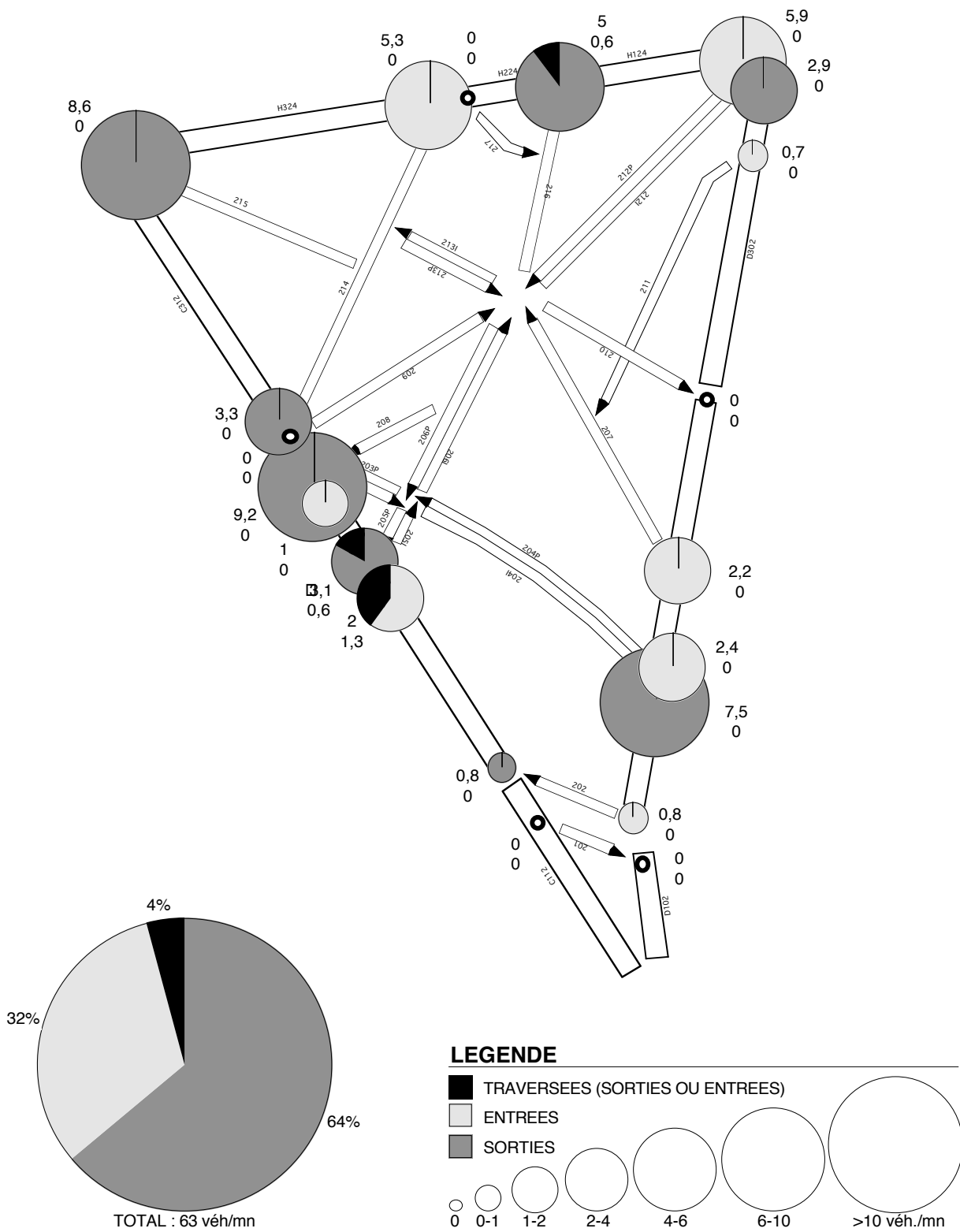
Supposé point-de-réseau 1

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

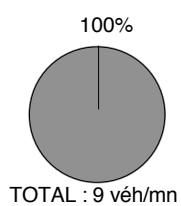
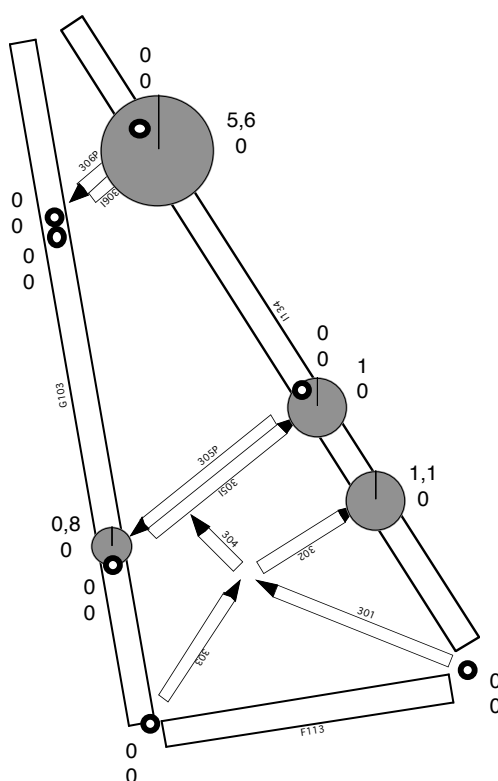


Supposé point-de-réseau 2

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



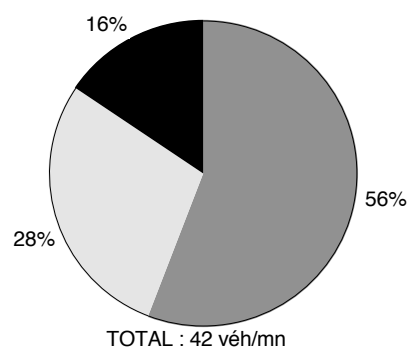
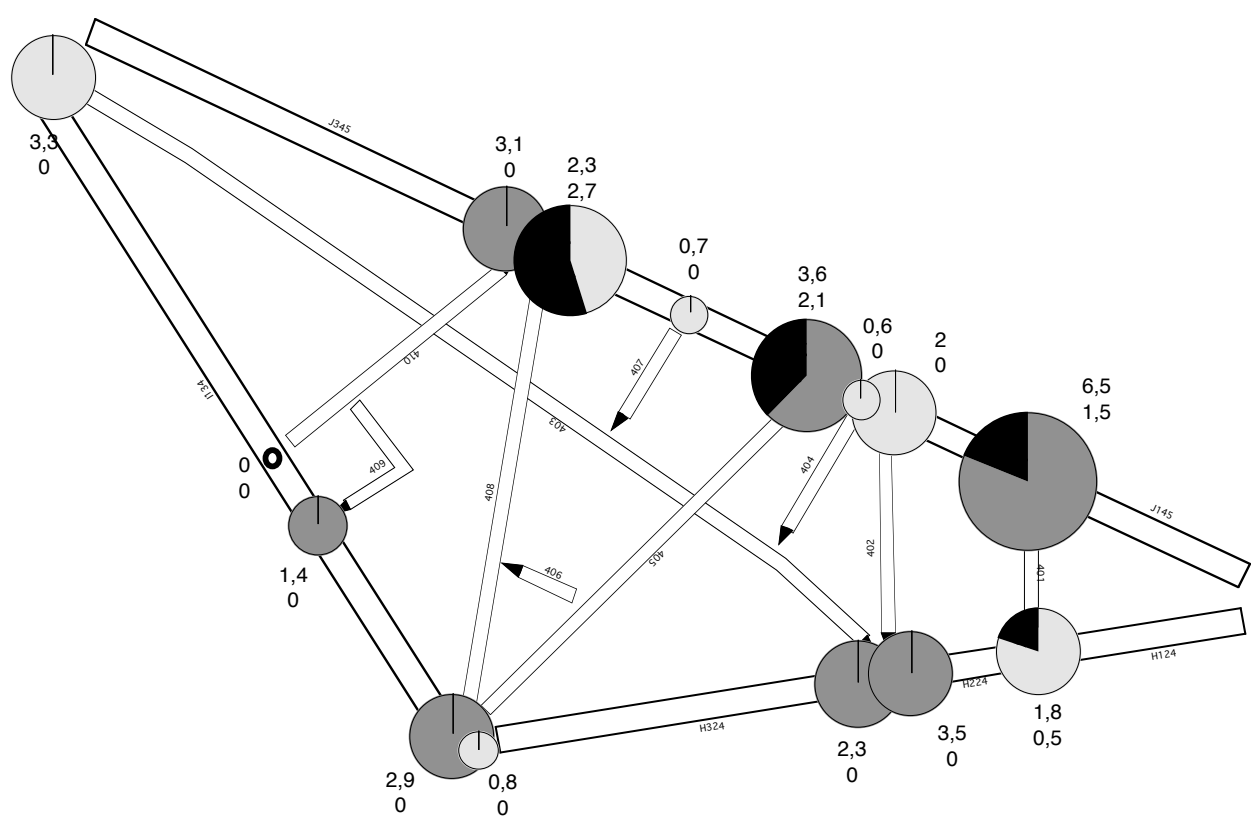
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



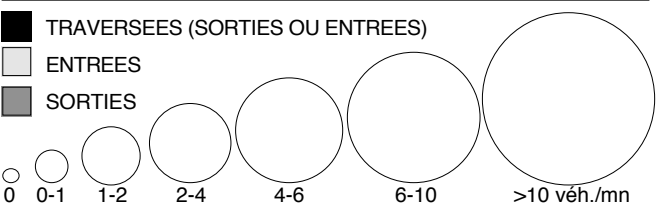
■ TRAVERSEES (SORTIES OU ENTREES)
 ■ ENTREES
 ■ SORTIES

0 0-1 1-2 2-4 4-6 6-10 >10 véh./mn

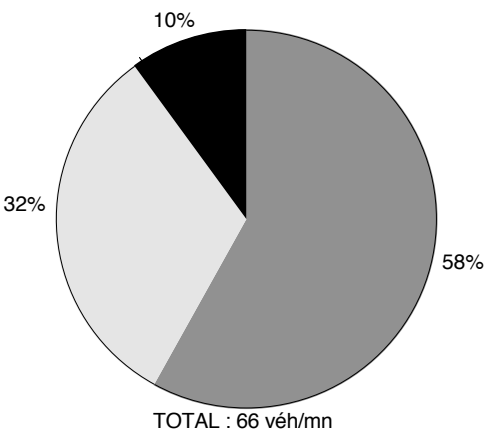
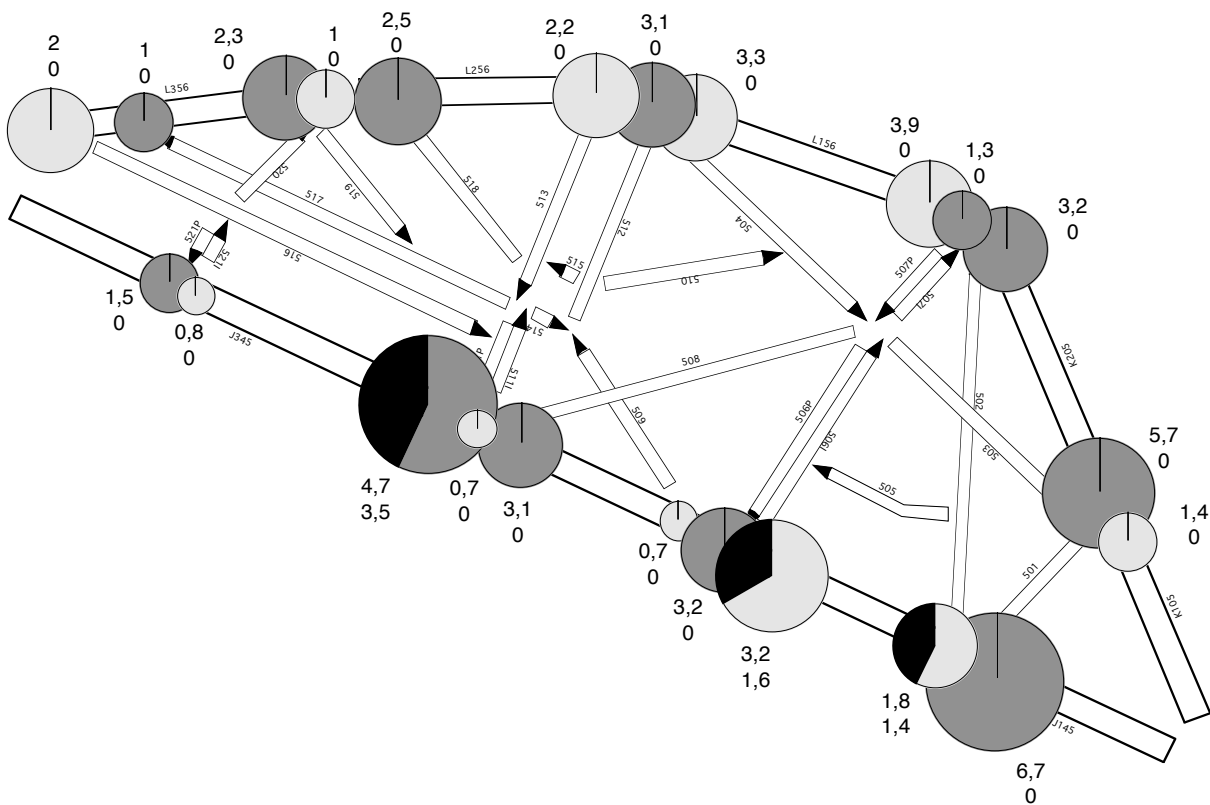
Supposé point-de-réseau 4 (Source : Vaclav Stransky, 1995)



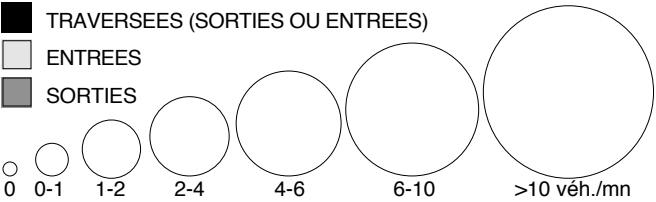
LEGENDE



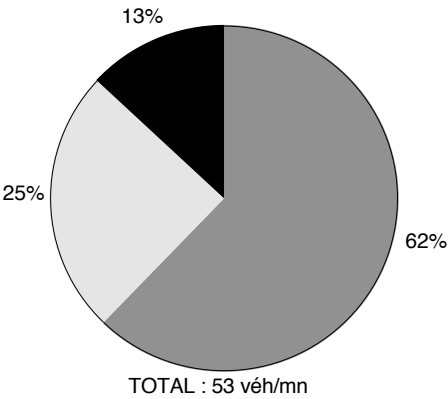
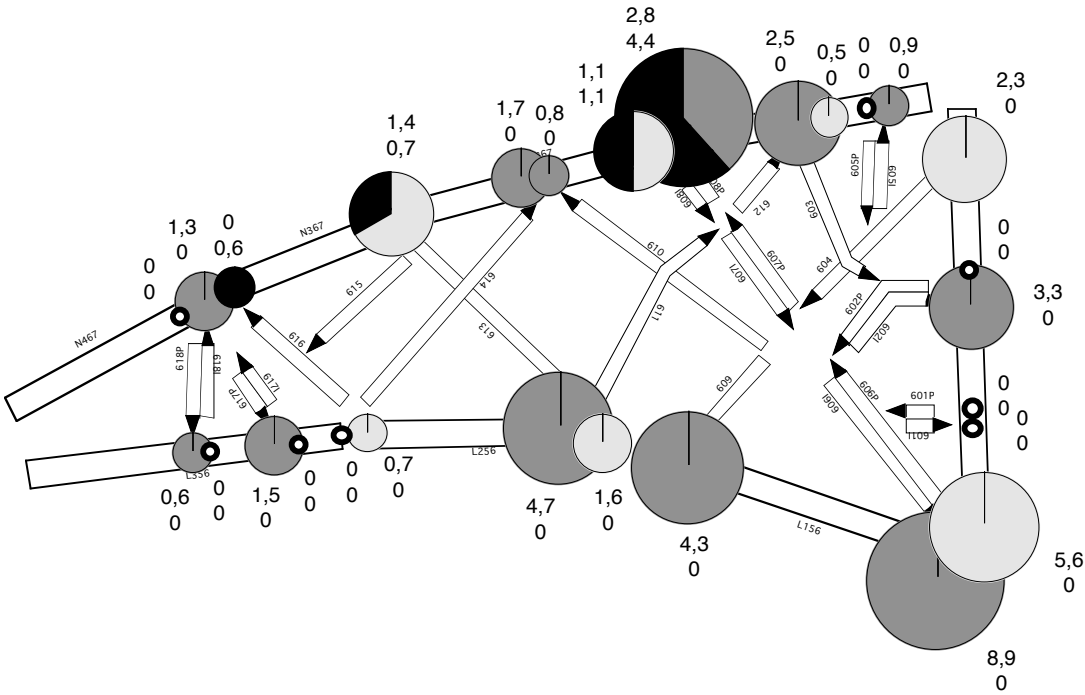
Supposé point-de-réseau 5 (Source : Vaclav Stransky, 1995)



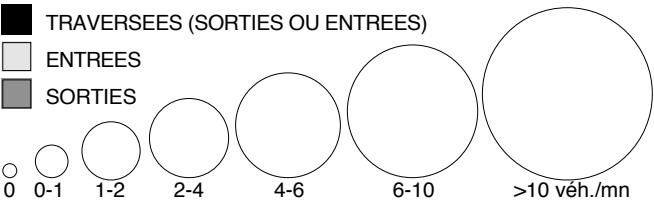
LEGENDE



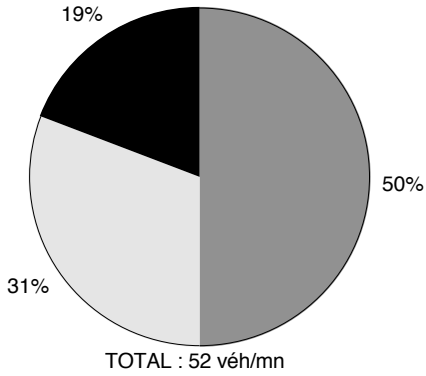
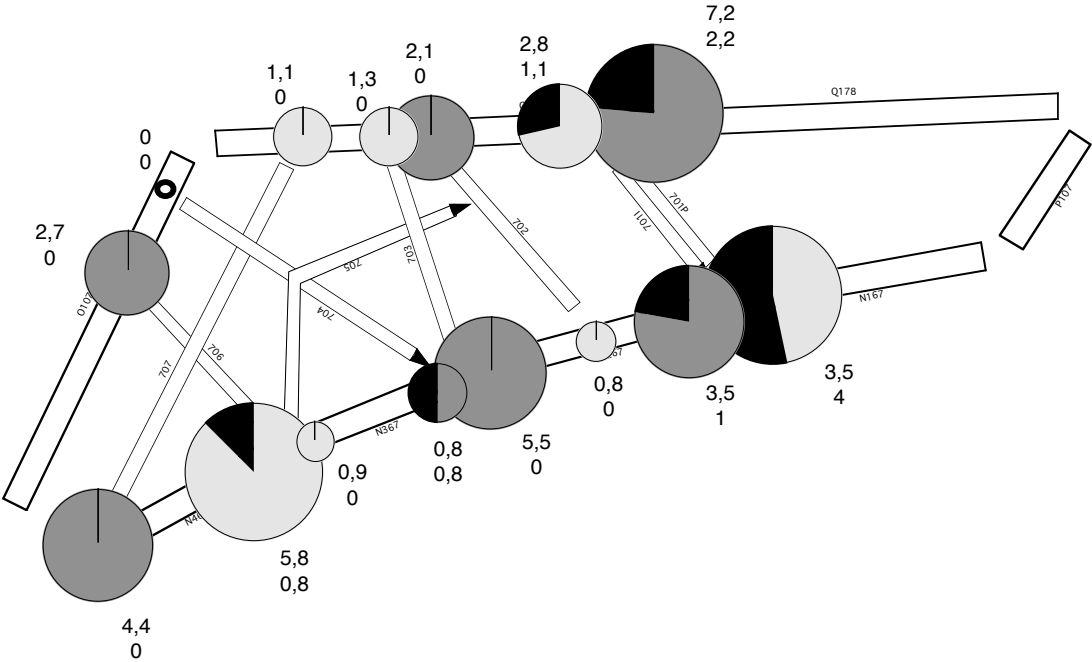
Supposé point-de-réseau 6 (Source : Vaclav Stransky, 1995)



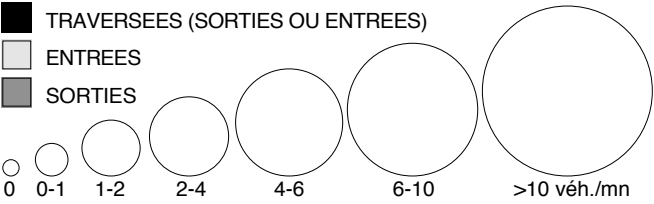
LEGENDE



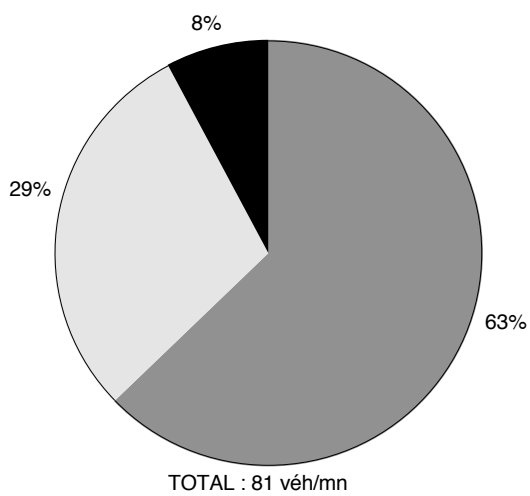
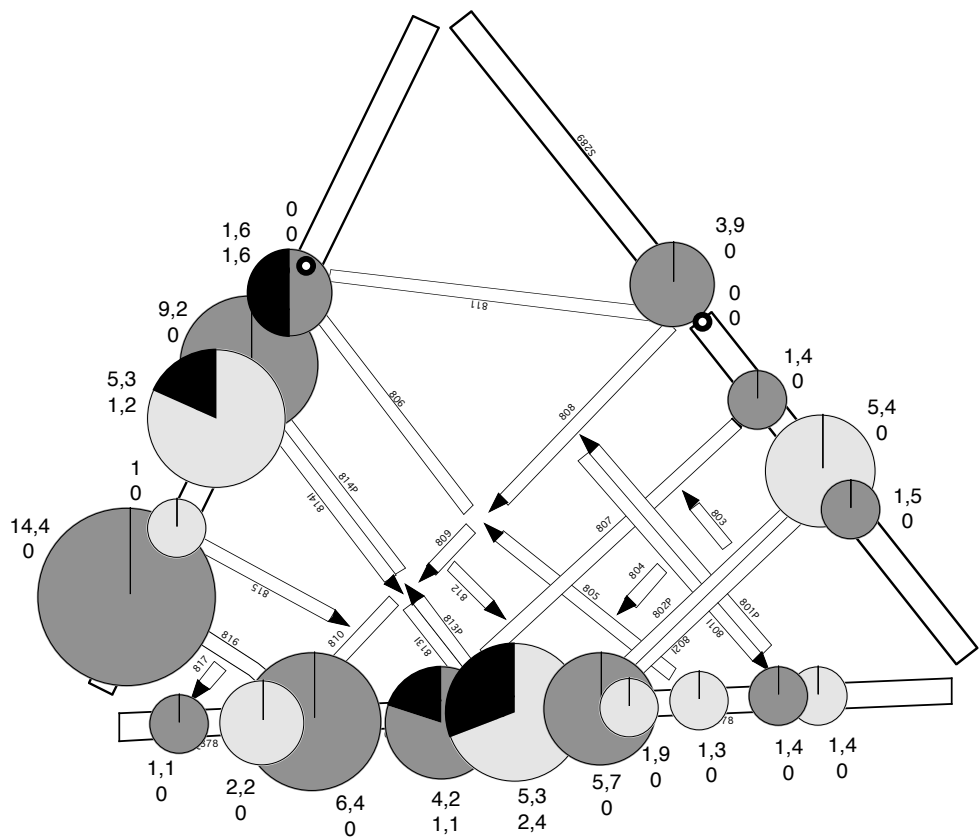
Supposé point-de-réseau 7 (Source : Vaclav Stransky, 1995)



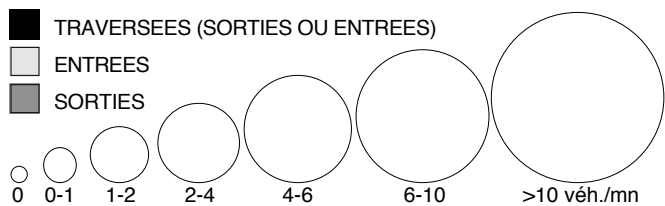
LEGENDE



Supposé point-de-réseau 8
(Source : Vaclav Stransky, 1995)

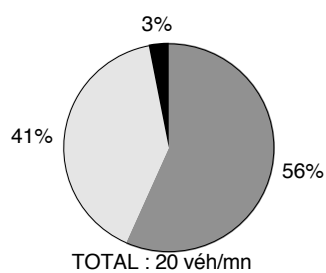
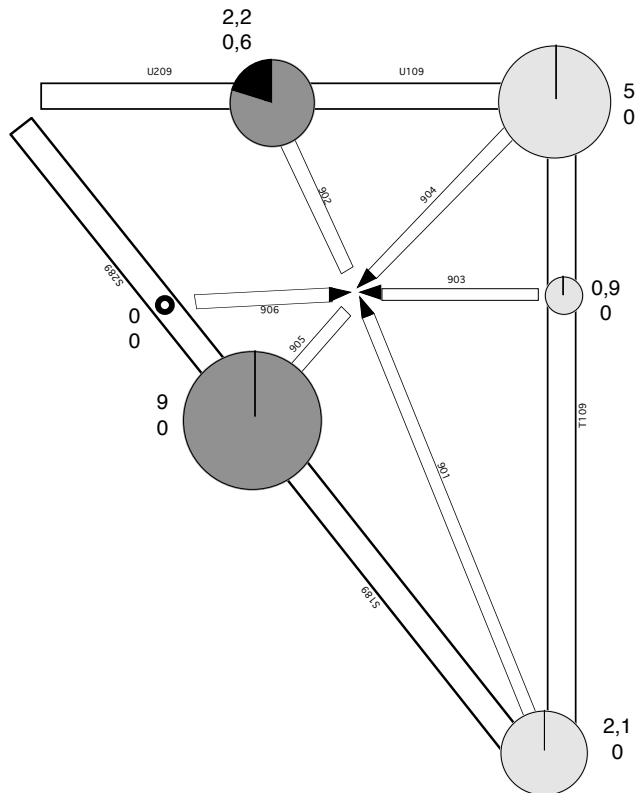


LEGENDE

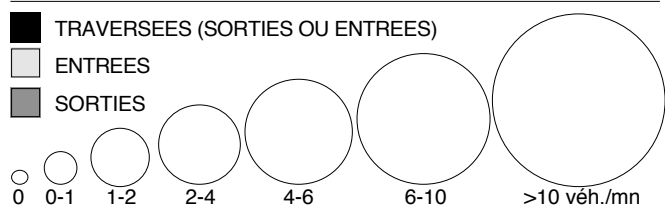


Supposé point-de-réseau 9

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



LEGENDE



ANNEXE 13

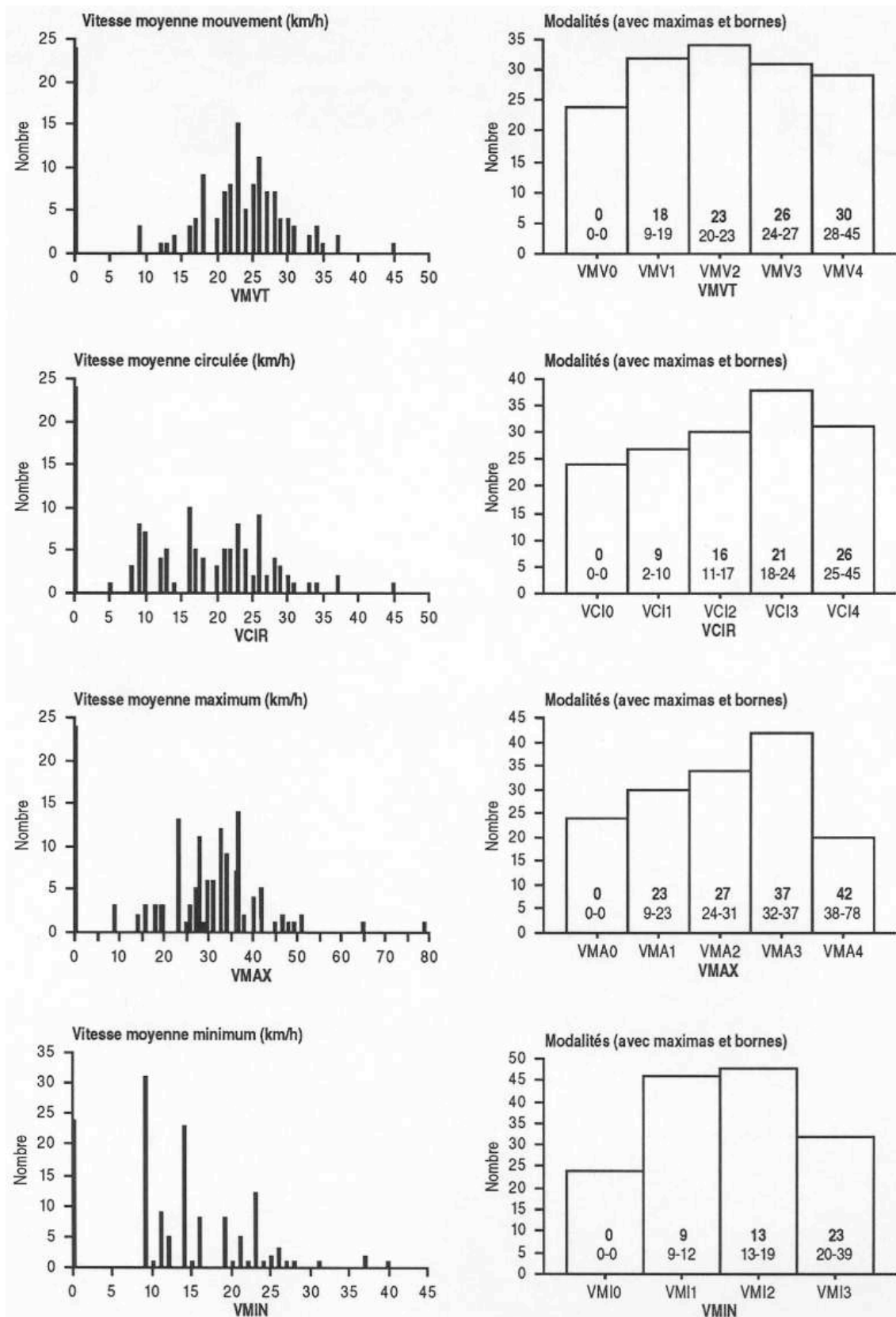
Histogrammes des variables.

Les 13 planches constituant l'annexe 13 comportent chacune quatre paires d'histogrammes.

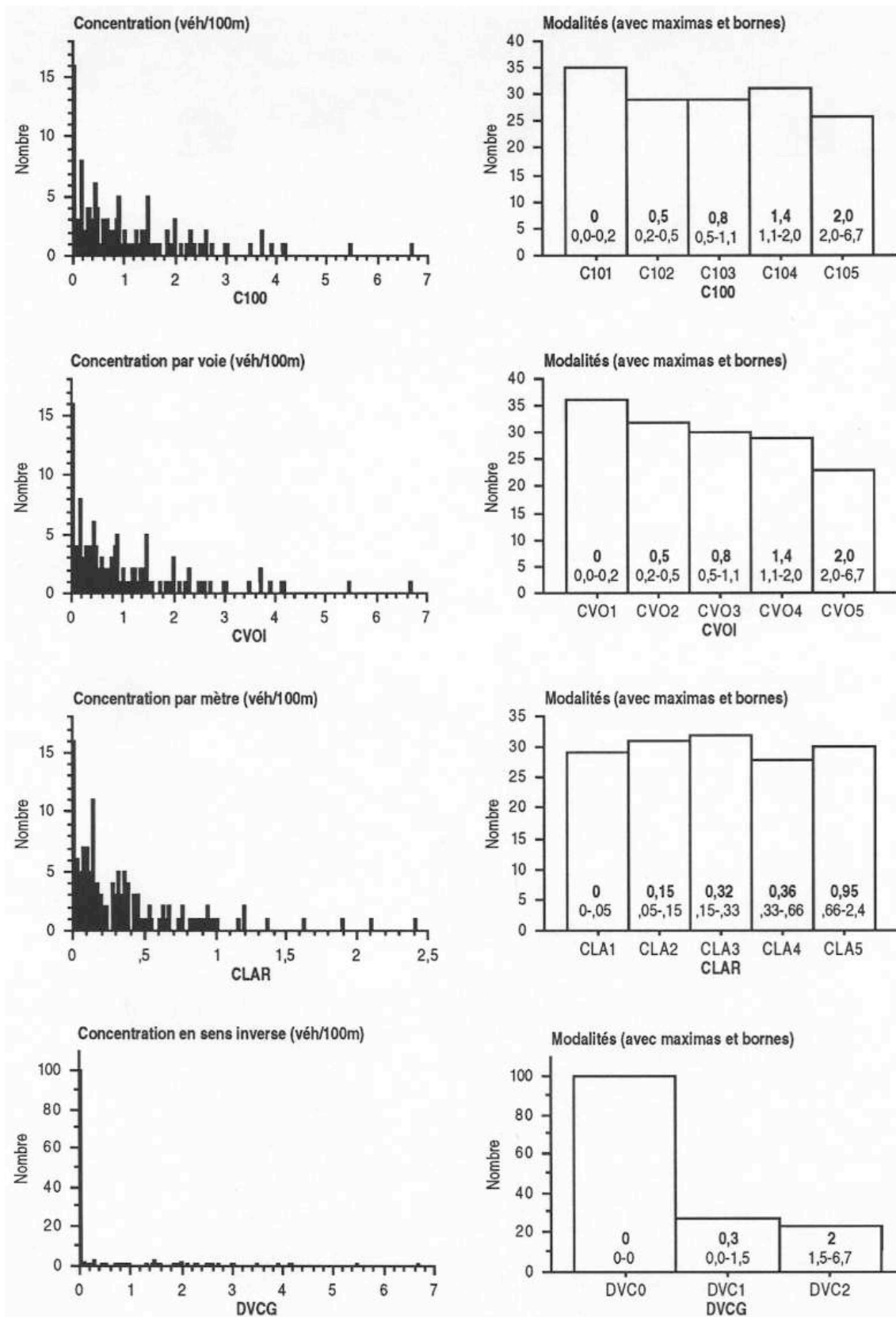
Chaque paire d'histogrammes correspond à une variable, plus exactement à la répartition des effectifs (150 tronçons) en fonction de la valeur prise par la variable :

- l'histogramme de gauche est celui de la variable "brute", prenant les valeurs telles qu'elles ont été calculées à partir des données recueillies ;

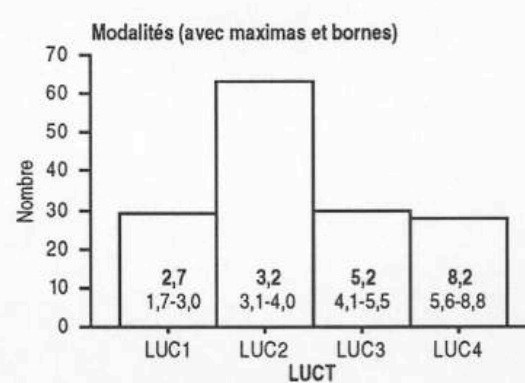
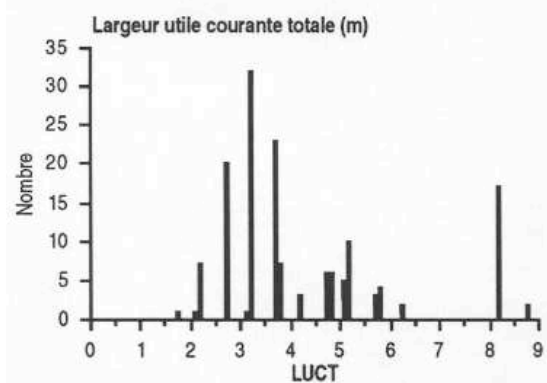
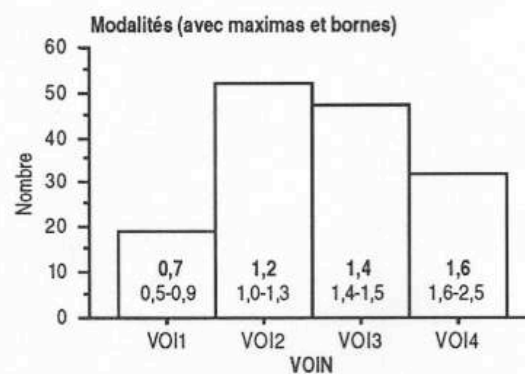
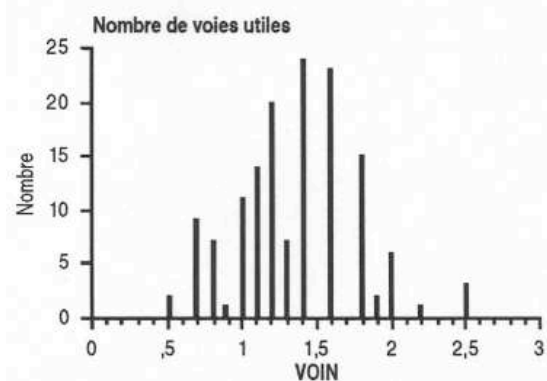
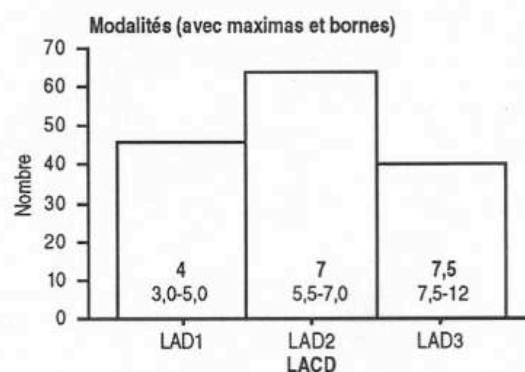
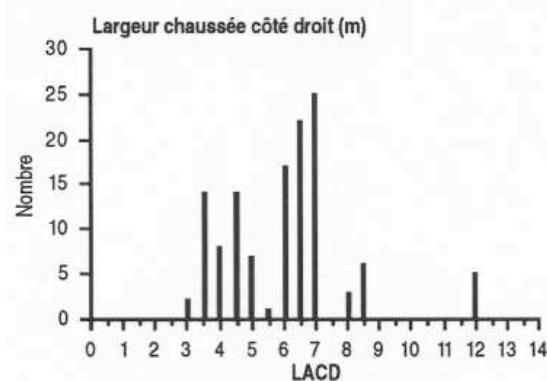
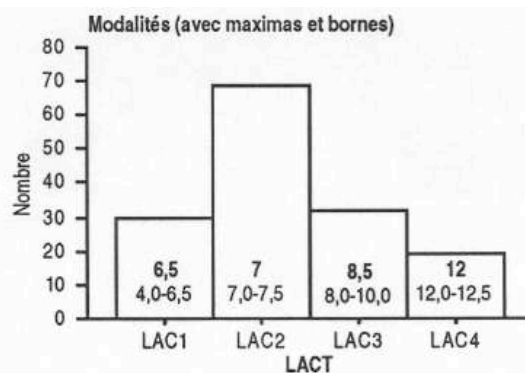
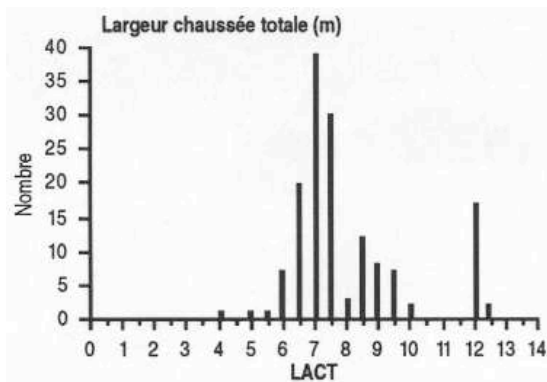
- l'histogramme de droite est celui de la variable recodée suivant les besoins de l'analyse des correspondances multiples : découpage en classes des variables continues, éventuels regroupements de classes de variables qualitatives, les deux opérations étant réalisées conformément à nos obligations de résultat relatives au nombre de classes, à leur homogénéité, à leur pertinence et au nombre minimum de tronçons par classe. On remarquera que dans chacune des barres constituant cet histogramme sont inscrites trois valeurs : les bornes de la classe et le maximum ("pic" le plus important). Pour une variable donnée, chacune des classes ainsi constituée correspond à une modalité, pouvant également être considérée comme une variable prenant, pour un tronçon donné, la valeur 0 ou 1. C'est l'ensemble de ces modalités de variables qui permet de construire le tableau disjonctif complet, et par extension, le tableau de Burt (tableau disjonctif complet croisé avec lui-même).



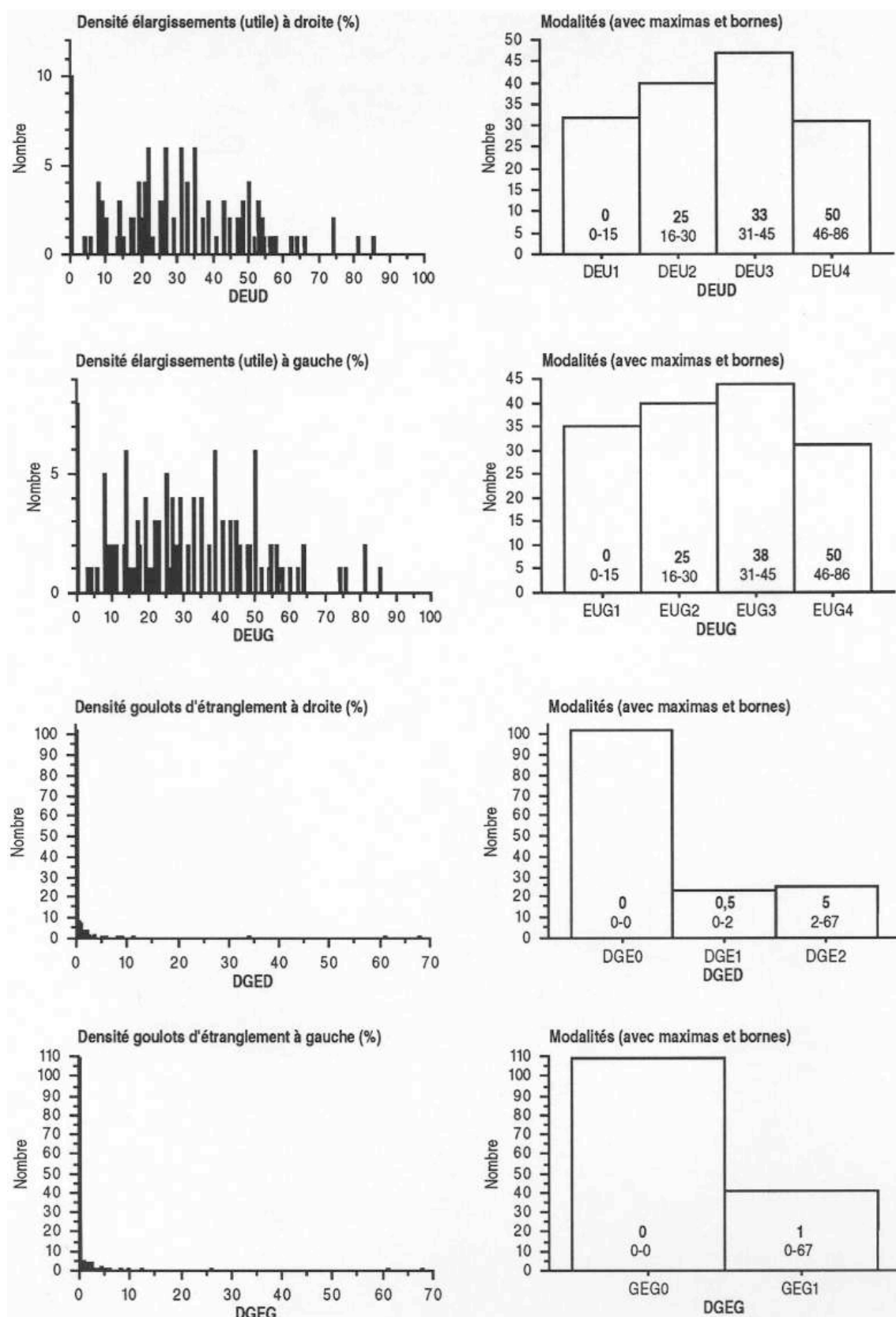
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



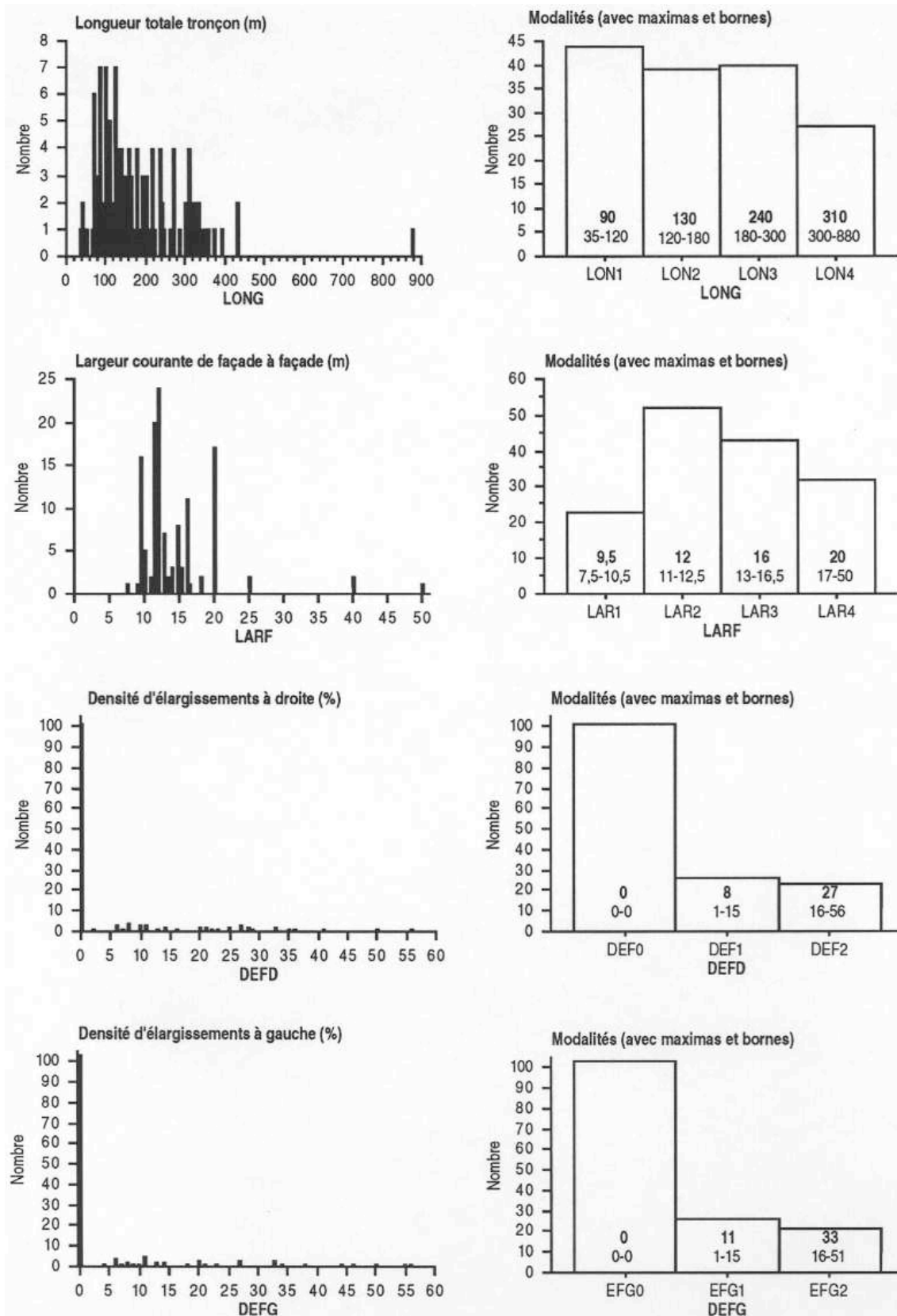
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



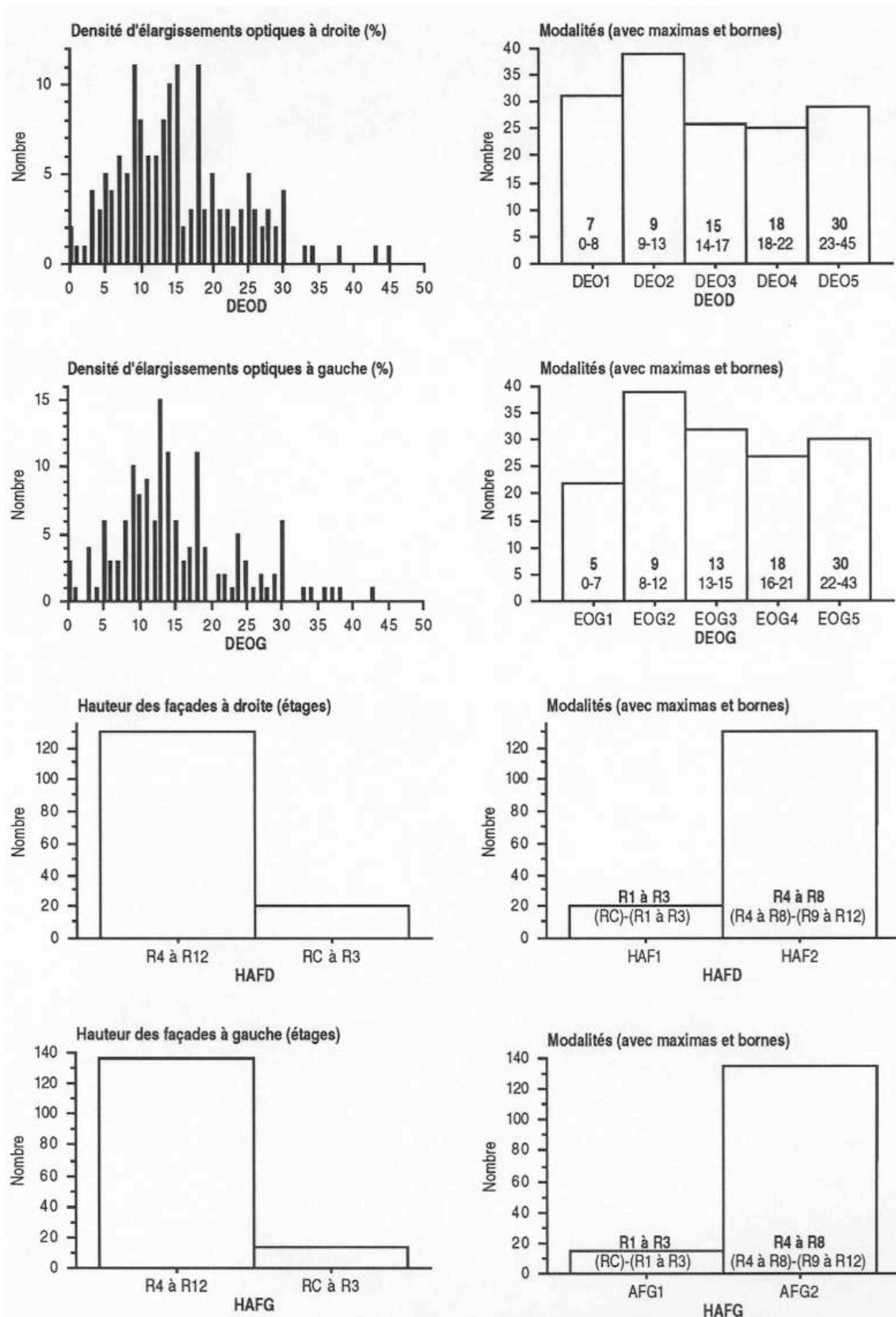
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



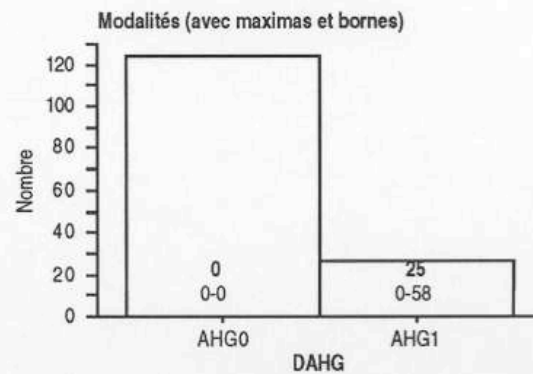
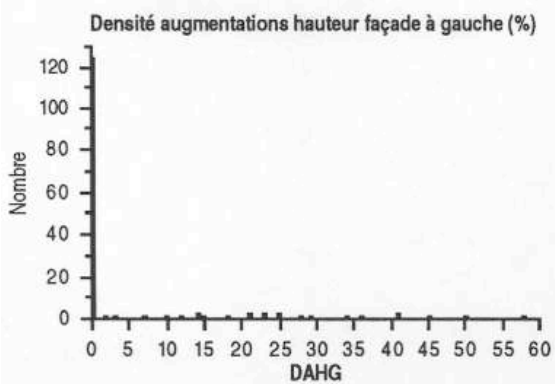
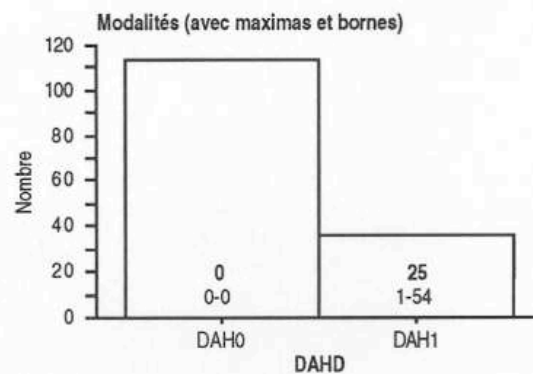
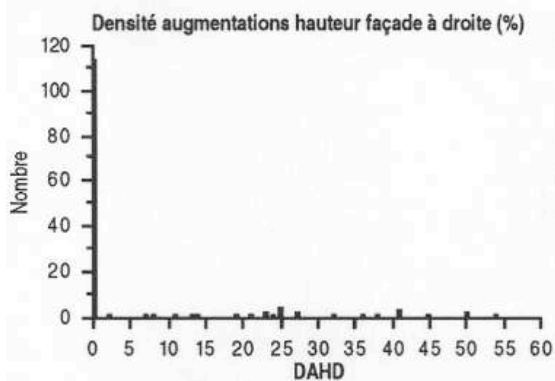
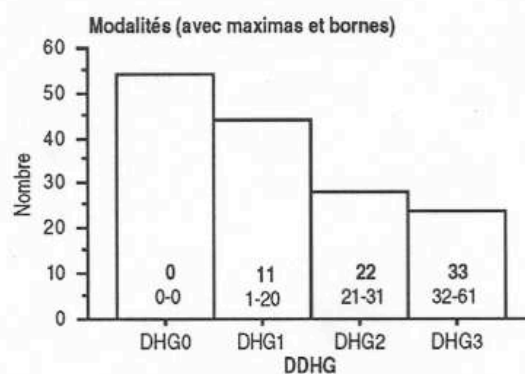
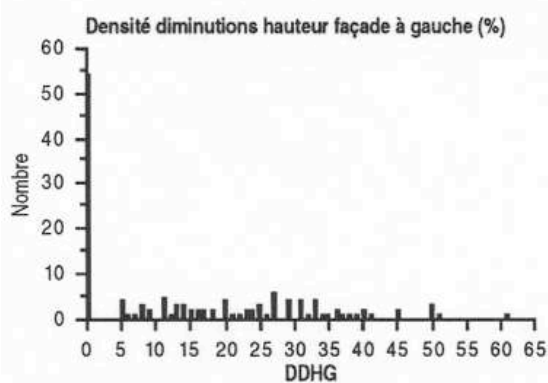
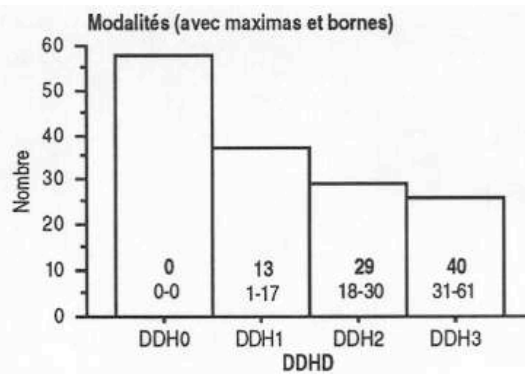
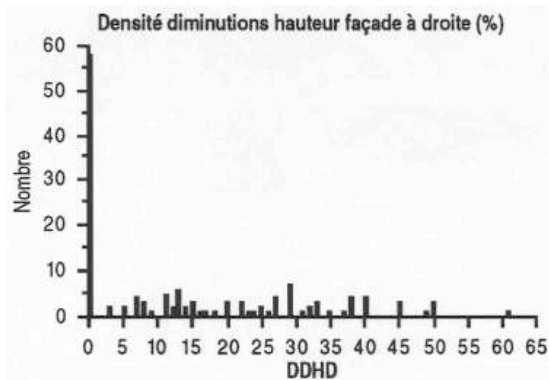
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



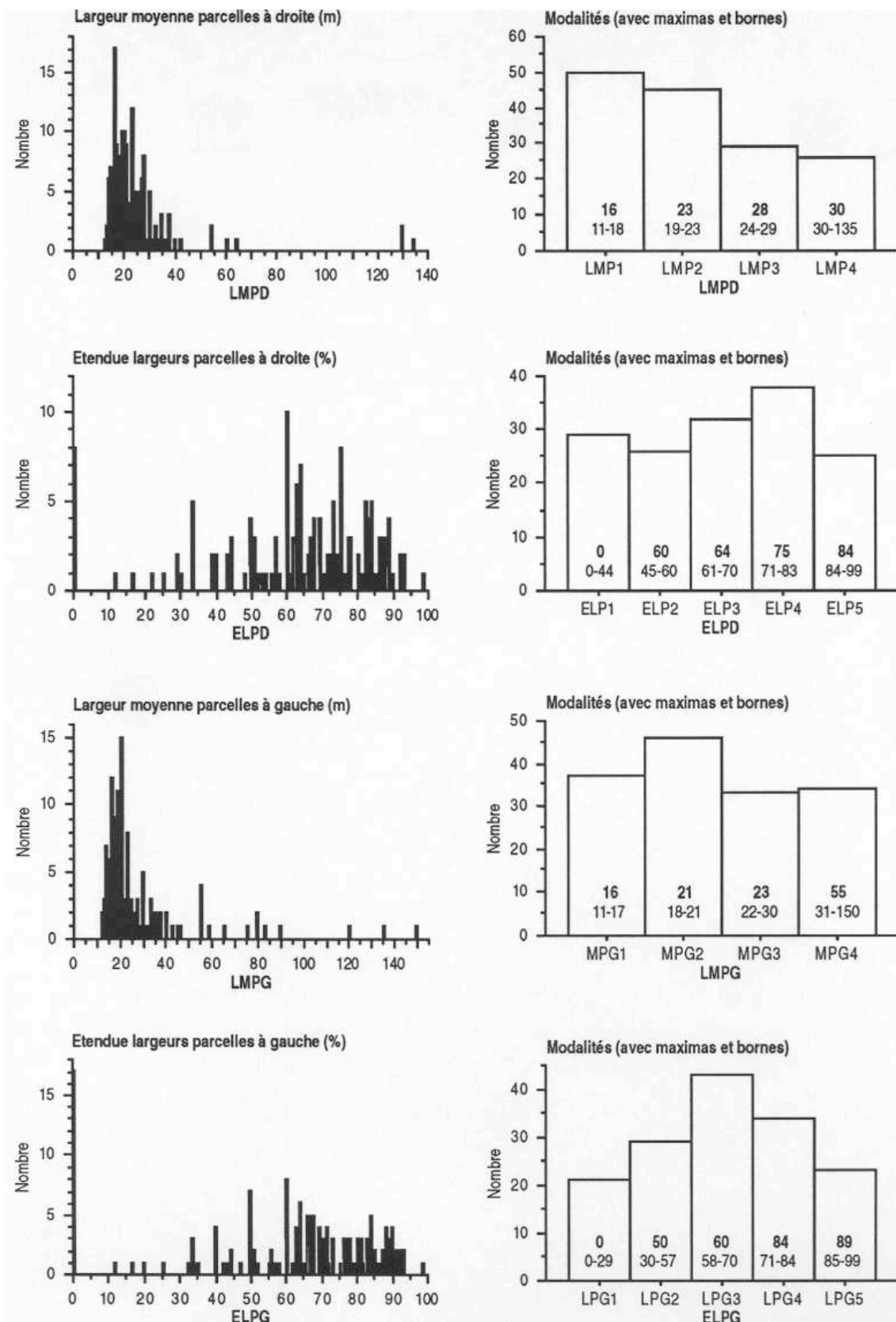
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



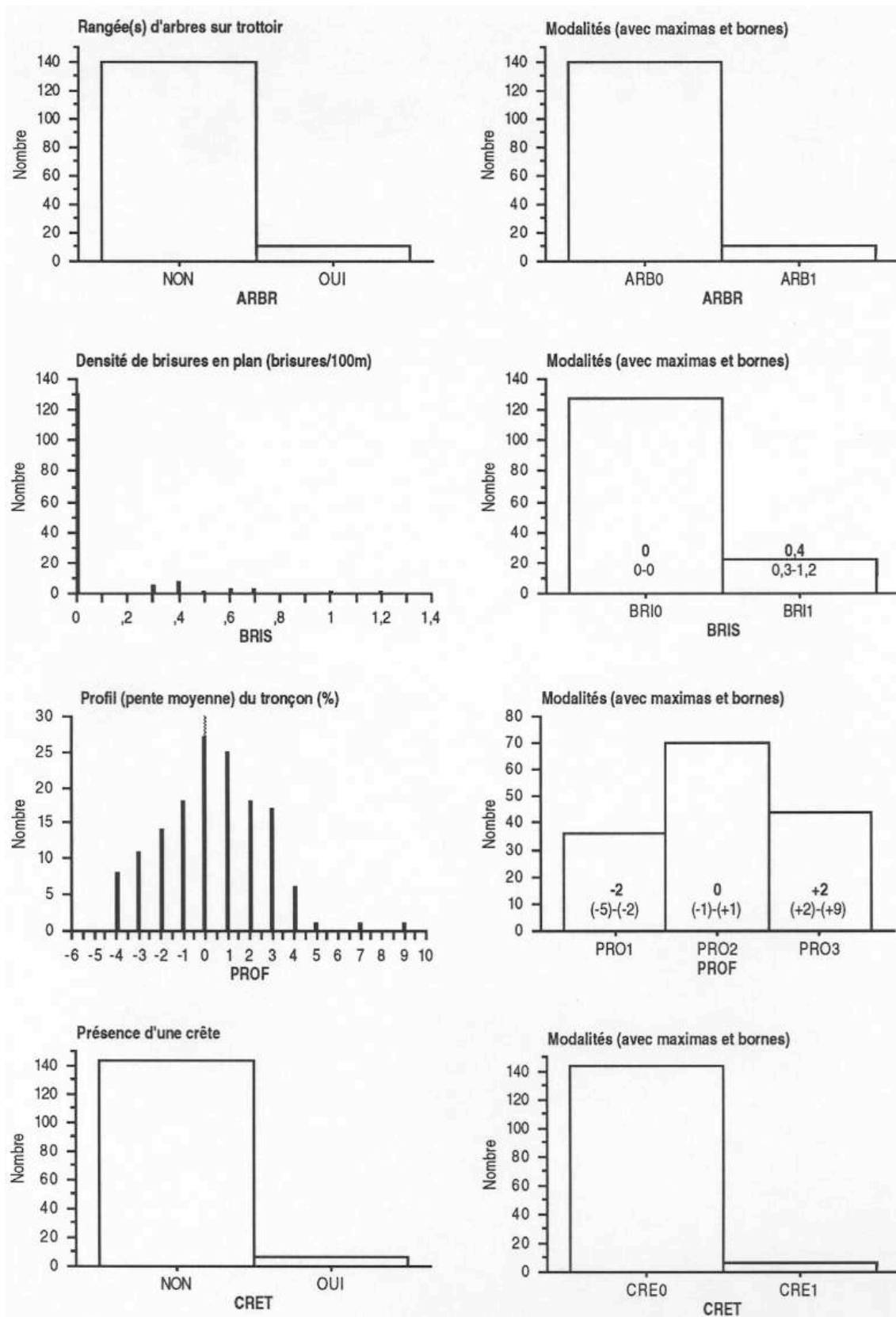
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



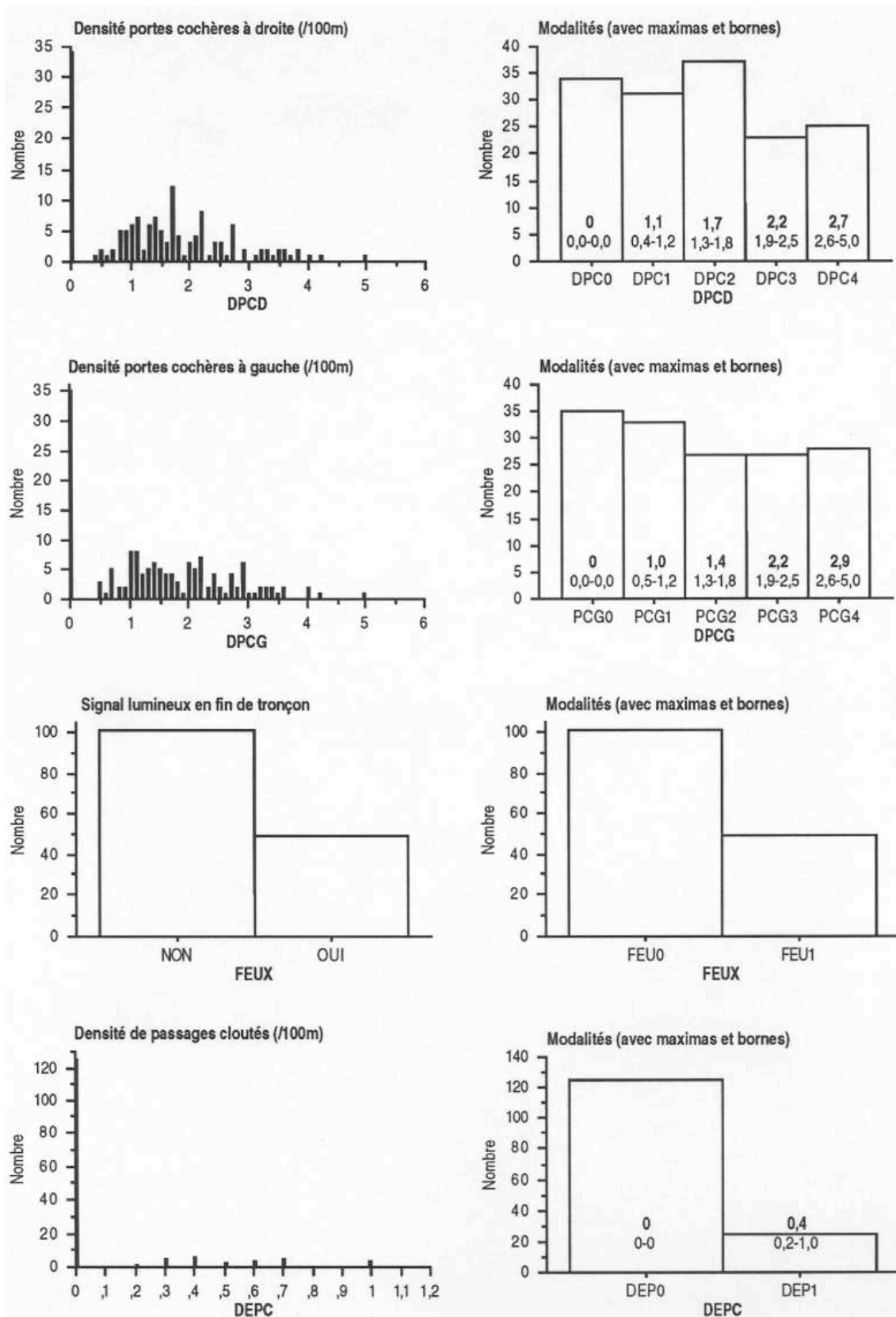
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



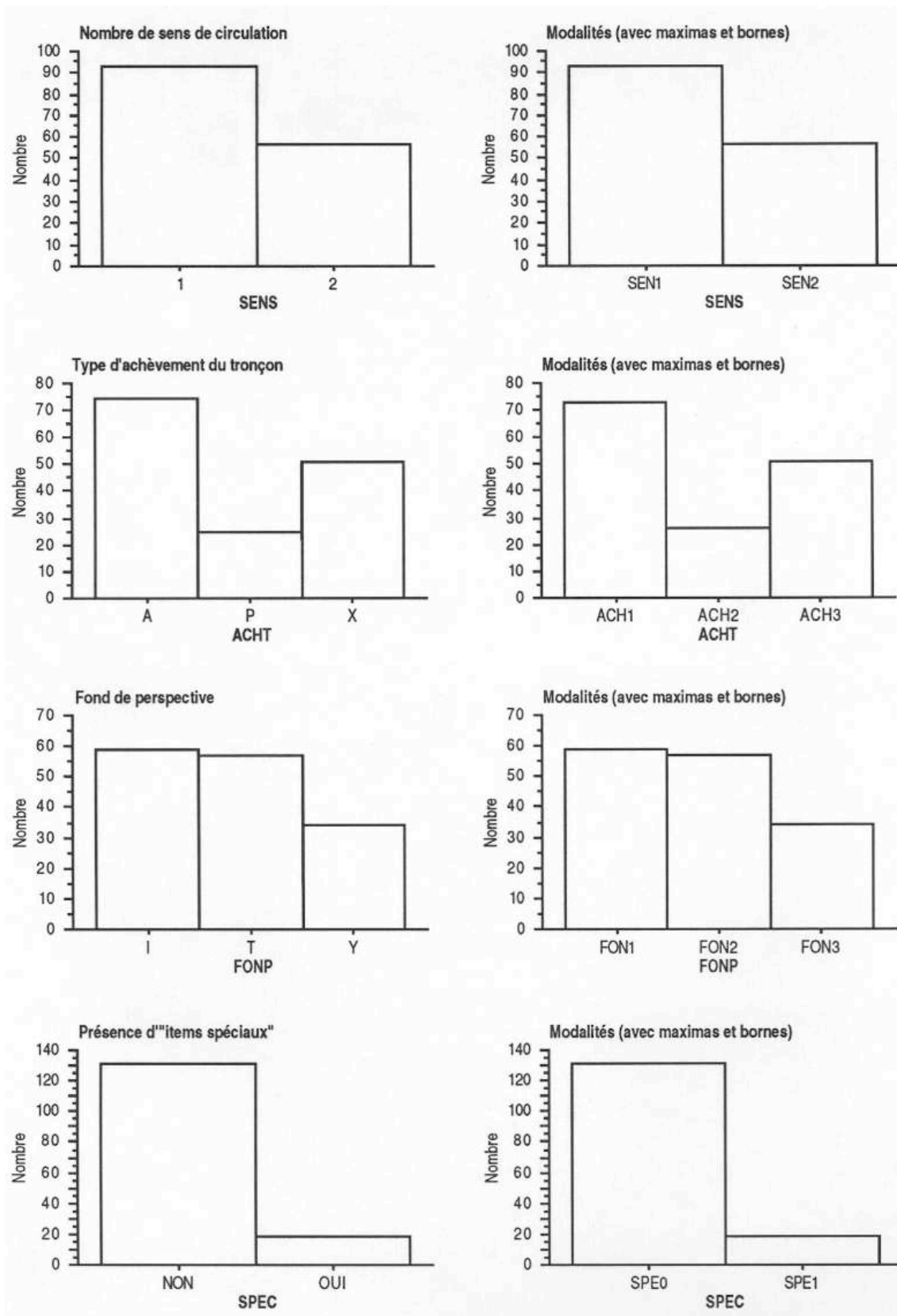
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



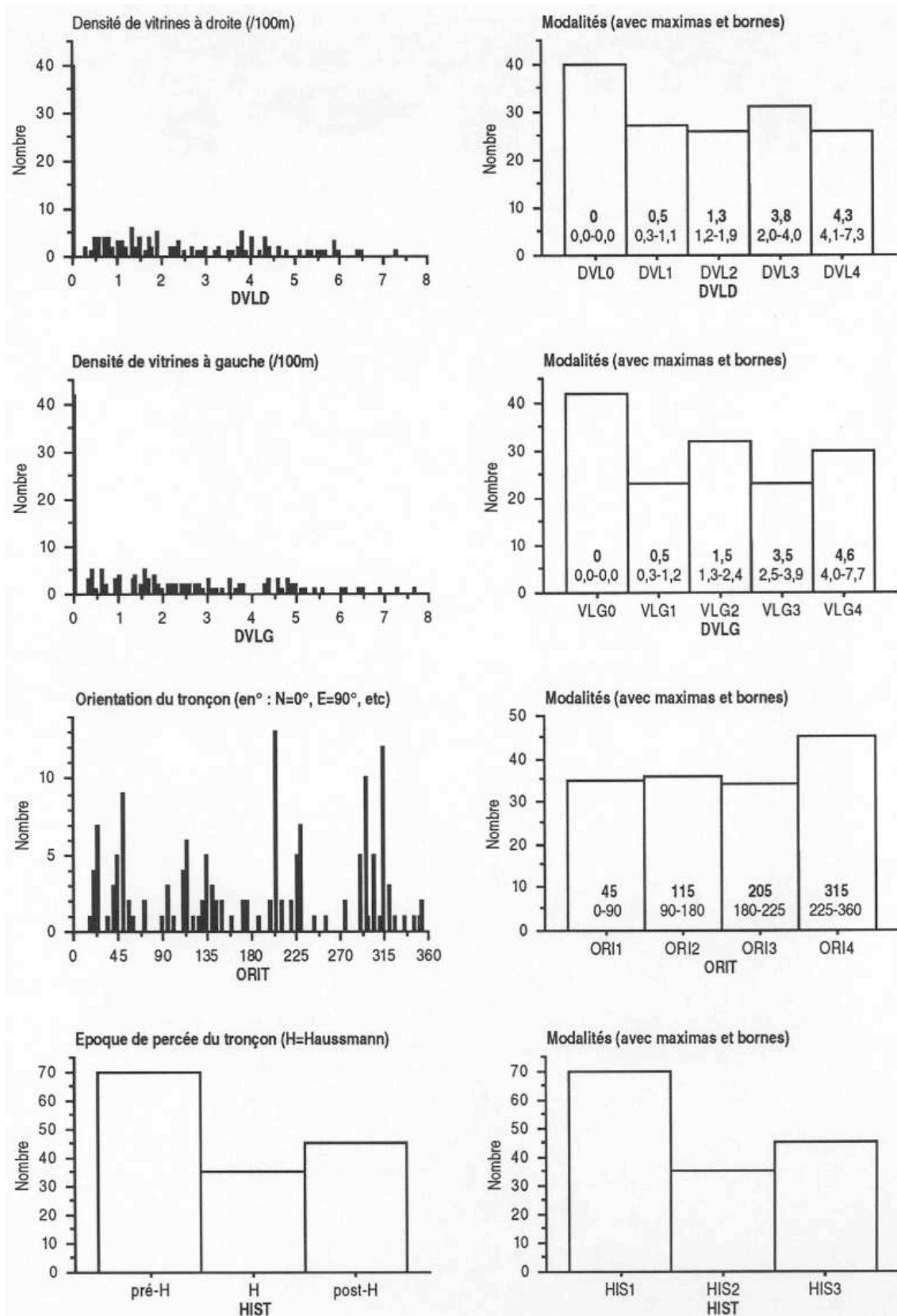
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



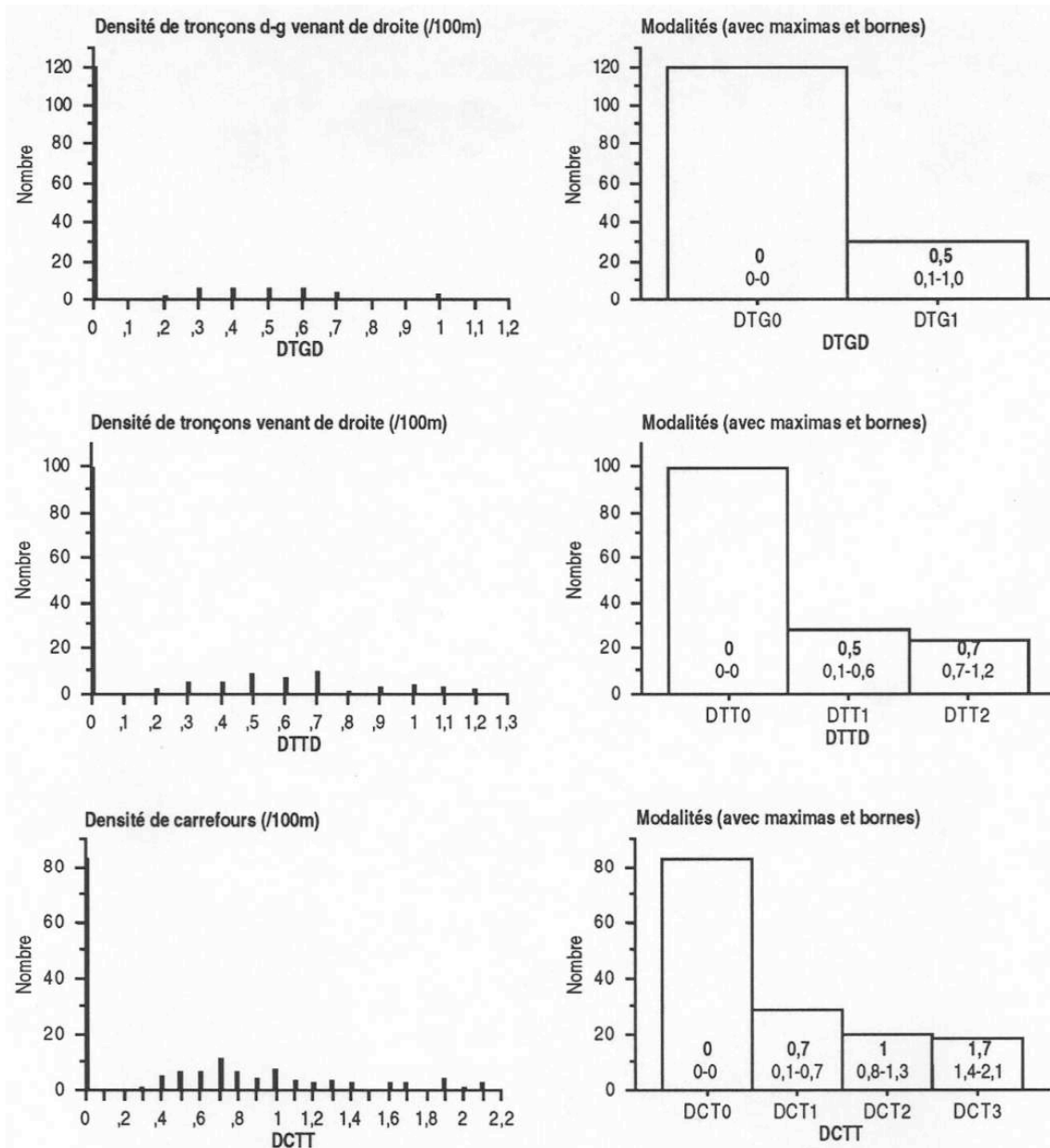
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



(Source : Vaclav Stransky, 1995)



(Source : Vaclav Stransky, 1995)



(Source : Vaclav Stransky, 1995)

ANNEXE 14

Tableau disjonctif complet

Cette annexe présente l'ensemble des données sous forme disjonctive complète : en ligne les tronçons, en colonnes l'ensemble des modalités des variables (toutes qualitatives, après découpage en classes des variables quantitatives).

De taille bien trop importante pour tenir sur une seule page, l'annexe est constituée de 8 planches qui, une fois juxtaposées (2 lignes de 4 colonnes) donneraient le tableau dans son ensemble. Sur chacune des planches sont rappelées, en marges, les numéros des tronçons et les noms des modalités de variables.

A propos de ces derniers, signalons que pour éviter des noms de plus de 4 lettres (en fait, il s'agit là d'une contrainte liée au logiciel qui a servi à faire l'analyse), nous avons tronqué les noms, en enlevant généralement la dernière lettre (ainsi, les modalités de la variable VCIR sont VCI0, VCI1, VCI2, VCI3 et VCI4), parfois la première lettre, lorsque seule la dernière distingue deux variables : c'est le cas de toutes les variables "couplées", caractérisant respectivement le côté droit et le côté gauche du tronçon ; ainsi, les deux variables DEUD et DEUG sont déclinées en DEU1, DEU2, DEU3 et DEU4 pour la première, EUG1, EUG2, EUG3 et EUG4 pour la seconde.

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

	DB01	DB02	DB03	DB40	DB41	AS00	AS01	LOH1	LOH2	LOH3	LOH4	LM01	LM02	LM03	LM04	ELP1	ELP2	ELP3	ELP4	ELP5	MP01	MP02	MP03	MP04	LP01	LP02	LP03	LP04	LP05	AR00	AR01	BR10	BR11	PR01	PR02	PR03	CR00	CR01	DT00	DT01	DTT0	DTT1	DTT2	DC00	DC01
101U	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
104U	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
105U	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
106U	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
107P	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
107I	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
108U	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
109U	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
110U	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
111U	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
112U	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
113U	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
114U	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
115U	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
116U	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
118U	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
120U	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
121P	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
121I	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
122P	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
122I	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
123P	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
123I	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
124U	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
125P	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
125I	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
126U	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
127U	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
128U	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
129U	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
201U	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
202U	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
203P	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
203I	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
204P	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
204I	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
205P	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
205I	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
206P	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
206I	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
207U	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
208U	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
209U	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0																									

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

	L0C1	L0C2	L0C3	L0C4	D0E1	D0E2	D0E3	D0E4	E0G1	E0G2	E0G3	E0G4	D0H1	D0H2	G0H0	G0H1	L0A1	L0A2	L0A3	L0A4	D0F0	D0F1	D0F2	E0F0	E0F1	E0F2	D0E1	D0E2	D0E3	D0E4	D0E5	E0G1	E0G2	E0G3	E0G4	E0G5	E0A1	E0A2	D0H0	D0H1	D0H2	D0H3			
507P	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
507I	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
508U	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
509P	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
510U	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
511P	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
511I	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
513U	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
514U	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
515U	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
516U	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
517U	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
518U	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
519U	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
520U	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
521P	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
521I	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
601P	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
601I	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
602I	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
603U	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
604U	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
605P	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
605I	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
606P	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
606I	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
607P	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
607I	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
608P	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
608I	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
609P	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
610U	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
612U	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
613U	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
614U	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
615U	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
616U	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
617P	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
617I	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
701P	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
701I	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
702U	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
703U	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0																				

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

ANNEXE 15

Liste définitive des 51 variables retenues, éclatées en 183 modalités

NOM	SIGNIFICATION	UNITÉ	MODALITÉS				
A	ACHT : Achèvement du tronçon (croisement, place, axe).	A/P/X	ACH1	ACH2	ACH3		
	ARBR : Présence ou non de rangées d'arbres sur trottoirs.	OUI/NON	ARB0	ARB1			
B	BRIS : Présence ou non de brisures (changements de direction).	OUI/NON	BRI0	BRI1			
C	CLAR : Concentration moyenne (idem) par mètre de largeur utile.	véh./m.100m	CLA1	CLA2	CLA3	CLA4	CLA5
	CRET : Présence d'une ou plusieurs crêtes (ou "creux") sur le tronçon.	OUI/NON	CRE0	CRE1			
	CVOI : Concentration moyenne (idem) par voie.	véh./100m.voie	CVO1	CVO2	CVO3	CVO4	CVO5
	C100 : Concentration moyenne (par 100 m de tronçon).	véh./100m	C101	C102	C103	C104	C105
D	DAHD : Densité d'augmentations significatives de hauteur côté droit.	%	DAH0	DAH1			
	DAHG : Densité d'augmentations significatives de hauteur côté gauche.	%	AHG0				
AHG1							
	DCTT : Densité de carrefours de tous types.	nombre/100m	DCT0	DCT1	DCT2	DCT3	
	DDHD : Densité de diminutions significatives de hauteur côté droit.	%	DDH0	DDH1	DDH2	DDH3	
	DDHG : Densité de diminutions significatives de hauteur côté gauche.	%	DHG0	DHG1	DHG2	DHG3	
	DEFD : Densité d'élargissements significatifs entre façades à droite.	%	DEF0	DEF1	DEF2		
	DEFG : Densité d'élargissements significatifs entre façades à gauche.	%	EFG0	EFG1	EFG2		
	DEOD : Densité d'élargissements optiques significatifs par la droite.	%	DEO1	DEO2	DEO3	DEO4	DEO5
	DEOG : Densité d'élargissements optiques significatifs par la gauche.	%	EOG1	EOG2	EOG3	EOG4	EOG5
	DEPC : Densité de passages cloutés ou zébrés.	nombre/100m	DEP0	DEP1			
	DEUD : Densité d'élargissements de largeur utile par la droite.	%	DEU1	DEU2	DEU3	DEU4	
	DEUG : Densité d'élargissements de largeur utile par la gauche.	%	EUG1	EUG2	EUG3	EUG4	
	DGED : Densité de goulots d'étranglement de largeur utile à droite.	%	DGE0	DGE1	DGE2		
	DGEG : Densité de goulots d'étranglement de largeur utile à gauche.	%	GEG0	GEG1			
	DPCD : Densité de portes cochères côté droit.	nombre/100m	DPC0	DPC1	DPC2	DPC3	DPC4
	DPCG : Densité de portes cochères côté gauche.	nombre/100m	PCG0	PCG1	PCG2	PCG3	PCG4
	DTGD : Densité de tronçons orientés droite-gauche à droite.	nombre/100m	DTG0	DTG1			
	DTTD : Densité de tronçons de tous types débouchant à droite.	nombre/100m	DTT0	DTT1	DTT2		
	DVCG : Densité moyenne de véhicules en circulation côté gauche.	véh./100m	DVC0	DVC1	DVC2		
	DVLD : Densité de vitrines (calculée sur la longueur) côté droit.	nombre/100m	DVL0	DVL1	DVL2	DVL3	DVL4
	DVLG : Densité de vitrines (calculée sur la longueur) côté gauche.	nombre/100m	VLG0	VLG1	VLG2	VLG3	VLG4
E	ELPD : Etendue des largeurs de parcelles côté droit.	m	ELP1	ELP2	ELP3	ELP4	ELP5
	ELPG : Etendue des largeurs de parcelles côté gauche.	m	LPG1	LPG2	LPG3	LPG4	LPG5
F	FEUX : Présence de signaux lumineux.	OUI/NON	FEU0	FEU1			
	FONP : Fond de perspective (I,T,Y)	I/T/Y	FON1	FON2	FON3		
H	HAFD : Hauteur courante des façades côté droit.	m	HAF1	HAF2			
	HAFG : Hauteur courante des façades côté gauche.	m	AFG1	AFG2			
	HIST : Epoque de percement du tronçon.	préH/H/postH	HIS1	HIS2	HIS3		
L	LACD : Largeur de la chaussée côté droit.	m	LAD1	LAD2	LAD3		
	LACT : Largeur de chaussée totale.	m	LAC1	LAC2	LAC3	LAC4	
	LARF : Largeur courante de façade à façade (au rez-de-chaussée).	m	LAR1	LAR2	LAR3	LAR4	
	LMPD : Largeur moyenne des parcelles côté droit.	m	LMP1	LMP2	LMP3	LMP4	
	LMPG : Largeur moyenne des parcelles côté gauche.	m	MPG1	MPG2	MPG3	MPG4	
	LONG : Longueur du tronçon.	m	LON1	LON2	LON3	LON4	
	LUCT : Largeur utile courante totale.	m	LUC1	LUC2	LUC3	LUC4	
O	ORIT : Orientation du tronçon par rapport aux points cardinaux.	NE/SE/SO/NO	ORI1	ORI2	ORI3	ORI4	
P	PROF : Profil (descente, horizontal, montée).	-/0/+	PRO1	PRO2	PRO3		
S	SENS : Nombre de sens de la rue dont fait partie le tronçon.	1/2	SEN1	SEN2			
	SPEC : Présence "d'items" spéciaux sur le tronçon.	OUI/NON	SPE0	SPE1			
V	VCIR : Vitesse moyenne des véhicules en circulation .	km/h	VCI0	VCI1	VCI2	VCI3	VCI4
	VMAX : Vitesse moyenne du véhicule le plus rapide (3 couvertures).	km/h	VMA0	VMA1	VMA2	VMA3	VMA4
	VMIN : Vitesse moyenne du véhicule le moins rapide (3 couvertures).	km/h	VMI0	VMI1	VMI2	VMI3	VMI4
	VMVT : Vitesse moyenne des véhicules en mouvement.	km/h	VMV0	VMV1	VMV2	VMV3	VMV4
	VOIN : Nombre de voies utiles du tronçon.	nombre	VOI1	VOI2	VOI3	VOI4	

ANNEXE 16

Analyse des correspondances multiples sur tableau de Burt croisant les modalités de toutes les variables morphologiques et de contrôle par elles-mêmes (tableau de contingences multiples 163 x 163).

Dans cette annexe, nous présentons quelques unes des sorties brutes du logiciel SAS ADDAD MICRO (version 89), module ANCORR (Analyse des correspondances), à la date du 10/05/94, 16h 14' 35" :

- Diagramme des valeurs propres des 59 premiers facteurs : 1 page.

- Tableau des contributions relatives des points-tronçons à l'inertie des trois premiers facteurs (CTR) et des contributions relatives de chacun de ces derniers à l'excentricité de chaque point-tronçon (COR) : 3 pages.

A propos de ce tableau, signalons qu'une erreur de codification des données préalable au transfert dans le logiciel ADDAD a fait disparaître le dernier caractère dans le nom des points-tronçons (U, P ou I) : ainsi, plus rien ne distingue deux tronçons jumeaux, i.e. issus d'une même portion de rue à double sens de circulation (par exemple, les tronçons 801P et 801I sont tous deux désignés par 801). Cette erreur n'est cependant pas dramatique dans la mesure où l'ordre des tronçons est respecté (pour deux tronçons jumeaux, P occupe toujours la première place, I la seconde) ; la confusion est donc exclue.

- Tableau des contributions relatives des points-modalités de variables à l'inertie des trois premiers facteurs (CTR) et des contributions relatives de chacun de ces derniers à l'excentricité de chaque point-modalité de variable (COR) : 4 pages.

- Projection du nuage des points-tronçons sur le premier plan factoriel : 1 page. Pour distinguer un tronçon P d'un tronçon I portant le même numéro d'identification, le recours au tableau des contributions relatives (qui donne également les coordonnées de chaque point sur les différents facteurs) est évidemment nécessaire.

- Projection du nuage des points-modalités de variables sur le premier plan factoriel : 1 page.

!NUM !	VAL PROPRE !	POURC. !	CUMUL !	VARIAT. !*	HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES
! 2 !	.15671 !	6.453 !	6.453 !	***** !	***** !
! 3 !	.14765 !	6.080 !	12.532 !	.373 !*	***** !
! 4 !	.09845 !	4.054 !	16.586 !	2.026 !*	***** !
! 5 !	.09168 !	3.775 !	20.361 !	.279 !*	***** !
! 6 !	.08198 !	3.376 !	23.737 !	.399 !*	***** !
! 7 !	.07096 !	2.922 !	26.659 !	.454 !*	***** !
! 8 !	.06717 !	2.766 !	29.424 !	.156 !*	***** !
! 9 !	.06507 !	2.679 !	32.104 !	.086 !*	***** !
! 10 !	.06346 !	2.613 !	34.716 !	.067 !*	***** !
! 11 !	.05482 !	2.257 !	36.974 !	.355 !*	***** !
! 12 !	.05226 !	2.152 !	39.126 !	.106 !*	***** !
! 13 !	.05012 !	2.064 !	41.189 !	.088 !*	***** !
! 14 !	.04969 !	2.046 !	43.235 !	.018 !*	***** !
! 15 !	.04849 !	1.996 !	45.232 !	.049 !*	***** !
! 16 !	.04451 !	1.833 !	47.064 !	.164 !*	***** !
! 17 !	.04281 !	1.763 !	48.827 !	.070 !*	***** !
! 18 !	.04261 !	1.754 !	50.581 !	.008 !*	***** !
! 19 !	.04100 !	1.688 !	52.270 !	.066 !*	***** !
! 20 !	.04002 !	1.648 !	53.917 !	.040 !*	***** !
! 21 !	.03874 !	1.595 !	55.513 !	.053 !*	***** !
! 22 !	.03758 !	1.547 !	57.060 !	.048 !*	***** !
! 23 !	.03602 !	1.483 !	58.543 !	.064 !*	***** !
! 24 !	.03566 !	1.469 !	60.011 !	.015 !*	***** !
! 25 !	.03390 !	1.396 !	61.407 !	.073 !*	***** !
! 26 !	.03340 !	1.375 !	62.783 !	.021 !*	***** !
! 27 !	.03247 !	1.337 !	64.120 !	.038 !*	***** !
! 28 !	.03142 !	1.294 !	65.413 !	.043 !*	***** !
! 29 !	.03012 !	1.240 !	66.654 !	.053 !*	***** !
! 30 !	.02998 !	1.234 !	67.888 !	.006 !*	***** !
! 31 !	.02863 !	1.179 !	69.067 !	.055 !*	***** !
! 32 !	.02804 !	1.155 !	70.222 !	.024 !*	***** !
! 33 !	.02679 !	1.103 !	71.325 !	.052 !*	***** !
! 34 !	.02599 !	1.070 !	72.395 !	.033 !*	***** !
! 35 !	.02534 !	1.043 !	73.439 !	.027 !*	***** !
! 36 !	.02406 !	.991 !	74.429 !	.053 !*	***** !
! 37 !	.02389 !	.984 !	75.413 !	.007 !*	***** !
! 38 !	.02338 !	.963 !	76.376 !	.021 !*	***** !
! 39 !	.02293 !	.944 !	77.320 !	.018 !*	***** !
! 40 !	.02174 !	.895 !	78.215 !	.049 !*	***** !
! 41 !	.02099 !	.864 !	79.079 !	.031 !*	***** !
! 42 !	.02073 !	.853 !	79.933 !	.011 !*	***** !
! 43 !	.01970 !	.811 !	80.744 !	.042 !*	***** !
! 44 !	.01904 !	.784 !	81.528 !	.027 !*	***** !
! 45 !	.01867 !	.769 !	82.297 !	.015 !*	***** !
! 46 !	.01761 !	.725 !	83.022 !	.044 !*	***** !
! 47 !	.01716 !	.707 !	83.729 !	.018 !*	***** !
! 48 !	.01684 !	.693 !	84.422 !	.013 !*	***** !
! 49 !	.01661 !	.684 !	85.106 !	.010 !*	***** !
! 50 !	.01590 !	.655 !	85.760 !	.029 !*	***** !
! 51 !	.01560 !	.642 !	86.403 !	.012 !*	***** !
! 52 !	.01472 !	.606 !	87.009 !	.036 !*	***** !
! 53 !	.01426 !	.587 !	87.596 !	.019 !*	***** !
! 54 !	.01396 !	.575 !	88.171 !	.012 !*	***** !
! 55 !	.01325 !	.545 !	88.716 !	.029 !*	***** !
! 56 !	.01288 !	.530 !	89.246 !	.015 !*	***** !
! 57 !	.01233 !	.508 !	89.754 !	.023 !*	***** !
! 58 !	.01175 !	.484 !	90.238 !	.024 !*	***** !
! 59 !	.01139 !	.469 !	90.707 !	.015 !*	***** !
! 60 !	.01085 !	.447 !	91.154 !	.022 !*	***** !

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

!	I1	!	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
1!	101!	97	7	6!	278	35	3!	148	10	1!	82	3	0!	
2!	104!	283	7	8!	-445	71	8!	703	178	22!	-161	9	2!	
3!	105!	351	7	6!	173	13	1!	345	52	5!	76	3	0!	
4!	106!	421	7	8!	-271	27	3!	957	332	41!	13	0	0!	
5!	107!	212	7	8!	-407	58	7!	394	54	7!	-49	1	0!	
6!	107!	269	7	8!	-287	28	3!	577	115	15!	-190	12	2!	
7!	108!	185	7	6!	445	91	8!	315	46	4!	-72	2	0!	
8!	109!	234	7	7!	278	29	3!	625	149	18!	-314	37	7!	
9!	110!	256	7	6!	468	100	9!	108	5	1!	442	89	13!	
10!	111!	314	7	7!	670	190	19!	-94	4	0!	432	79	13!	
11!	112!	467	7	5!	828	379	29!	-225	28	2!	99	5	1!	
12!	113!	236	7	7!	71	2	0!	715	204	23!	-78	2	0!	
13!	114!	251	7	6!	167	13	1!	361	60	6!	208	20	3!	
14!	115!	303	7	5!	693	244	20!	-65	2	0!	-246	31	4!	
15!	116!	311	7	6!	742	262	23!	-74	3	0!	-77	3	0!	
16!	118!	194	7	8!	503	91	11!	260	24	3!	-320	37	7!	
17!	120!	242	7	8!	-164	9	1!	564	104	14!	248	20	4!	
18!	121!	216	7	6!	-197	17	2!	-269	31	3!	466	94	15!	
19!	121!	178	7	7!	-266	29	3!	-196	16	2!	424	74	12!	
20!	122!	331	7	9!	-451	63	9!	-4	0	0!	765	181	40!	
21!	122!	313	7	8!	-410	56	7!	-52	1	0!	777	200	41!	
22!	123!	387	7	6!	-345	54	5!	-645	187	19!	411	76	11!	
23!	123!	323	7	6!	-294	38	4!	-565	141	14!	425	79	12!	
24!	124!	257	7	5!	481	125	10!	-190	20	2!	-244	32	4!	
25!	125!	290	7	5!	526	150	12!	-275	41	3!	125	8	1!	
26!	125!	293	7	5!	471	118	9!	-207	23	2!	111	7	1!	
27!	126!	364	7	6!	477	102	10!	181	15	1!	553	138	21!	
28!	127!	228	7	6!	-240	26	2!	35	1	0!	246	27	4!	
29!	128!	447	7	6!	-204	21	2!	24	0	0!	328	53	7!	
30!	129!	135	7	6!	154	10	1!	-155	10	1!	-142	8	1!	
31!	201!	212	7	6!	601	167	15!	-104	5	0!	60	2	0!	
32!	202!	141	7	6!	359	62	5!	-69	2	0!	206	20	3!	
33!	203!	401	7	7!	-613	152	16!	-398	64	7!	37	1	0!	
34!	203!	326	7	6!	-410	76	7!	-578	151	15!	224	23	3!	
35!	204!	240	7	9!	-515	82	11!	251	19	3!	556	96	21!	
36!	204!	277	7	9!	-597	112	15!	4	0	0!	700	155	33!	
37!	205!	134	7	7!	-94	4	0!	-443	77	9!	83	3	0!	
38!	205!	153	7	7!	-212	19	2!	-377	59	6!	73	2	0!	
39!	206!	279	7	8!	-544	106	13!	-166	10	1!	475	81	15!	
40!	206!	266	7	7!	-394	60	7!	-232	21	2!	409	65	11!	
41!	207!	327	7	9!	-301	28	4!	860	229	33!	304	29	6!	
42!	208!	130	7	5!	328	57	5!	-125	8	1!	-279	41	5!	
43!	209!	257	7	7!	-105	4	0!	67	2	0!	545	116	20!	
44!	210!	196	7	7!	-96	3	0!	401	59	7!	108	4	1!	
45!	211!	311	7	7!	66	2	0!	693	186	22!	282	31	5!	
46!	212!	387	7	8!	-334	37	5!	116	4	1!	426	60	12!	
47!	212!	462	7	8!	-203	14	2!	-22	0	0!	554	106	21!	
48!	213!	155	7	8!	-201	14	2!	60	1	0!	292	30	6!	
49!	213!	156	7	8!	-120	5	1!	-12	0	0!	499	87	17!	
50!	214!	445	7	8!	-464	75	9!	571	112	15!	478	79	15!	

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

!	I1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
51!	215!	170	7	7!	-190	13	2!	323	39	5!	248	23	4!
52!	216!	342	7	6!	-224	25	2!	-125	8	1!	446	97	13!
53!	217!	255	7	7!	425	72	8!	22	0	0!	211	18	3!
54!	301!	330	7	6!	240	25	2!	348	53	5!	422	79	12!
55!	302!	186	7	5!	481	125	10!	147	12	1!	-82	4	0!
56!	303!	244	7	6!	581	154	14!	-11	0	0!	86	3	0!
57!	304!	378	7	6!	741	238	23!	-41	1	0!	358	55	9!
58!	305!	126	7	7!	198	15	2!	212	17	2!	479	89	16!
59!	305!	179	7	8!	175	11	1!	301	33	4!	407	60	11!
60!	306!	217	7	6!	454	102	9!	-271	36	3!	-107	6	1!
61!	306!	258	7	6!	386	68	6!	-417	80	8!	4	0	0!
62!	402!	285	7	7!	-280	33	3!	224	21	2!	291	35	6!
63!	403!	482	7	9!	-537	85	12!	766	173	26!	179	9	2!
64!	404!	161	7	5!	298	48	4!	221	26	2!	-217	25	3!
65!	405!	234	7	8!	-275	27	3!	610	132	17!	-177	11	2!
66!	406!	270	7	5!	540	159	12!	-31	1	0!	21	0	0!
67!	407!	231	7	6!	661	215	19!	-2	0	0!	-117	7	1!
68!	409!	220	7	6!	548	137	13!	13	0	0!	104	5	1!
69!	410!	279	7	8!	-208	15	2!	682	160	21!	95	3	1!
70!	501!	51	7	6!	-8	0	0!	-174	15	1!	-174	15	2!
71!	502!	145	7	7!	-584	134	15!	123	6	1!	-70	2	0!
72!	503!	201	7	7!	-382	59	6!	346	48	5!	-373	56	9!
73!	504!	258	7	7!	-107	4	0!	532	107	13!	-275	28	5!
74!	505!	380	7	6!	287	38	3!	122	7	1!	334	51	8!
75!	506!	161	7	7!	-227	20	2!	-75	2	0!	436	76	13!
76!	506!	194	7	8!	-425	66	8!	107	4	1!	161	9	2!
77!	507!	290	7	7!	-27	0	0!	-311	37	4!	261	26	5!
78!	507!	222	7	7!	-190	14	2!	-541	112	13!	412	65	11!
79!	508!	197	7	8!	-255	23	3!	473	79	10!	-324	37	7!
80!	509!	311	7	7!	-174	13	1!	478	95	10!	-675	189	31!
81!	510!	221	7	6!	550	129	13!	-80	3	0!	-102	4	1!
82!	511!	249	7	7!	-380	57	6!	-206	17	2!	-94	4	1!
83!	511!	46	7	6!	-145	9	1!	-165	12	1!	45	1	0!
84!	513!	377	7	8!	89	3	0!	288	30	4!	-173	11	2!
85!	514!	399	7	7!	434	79	8!	-151	10	1!	-165	11	2!
86!	515!	390	7	7!	564	132	14!	-118	6	1!	-186	14	2!
87!	516!	266	7	7!	20	0	0!	743	219	25!	-56	1	0!
88!	517!	227	7	7!	62	2	0!	638	162	18!	-338	45	8!
89!	518!	165	7	6!	-108	5	0!	65	2	0!	-26	0	0!
90!	519!	264	7	6!	539	132	12!	150	10	1!	376	64	10!
91!	520!	232	7	7!	374	57	6!	267	29	3!	-422	73	12!
92!	521!	315	7	7!	416	70	7!	-760	234	26!	-70	2	0!
93!	521!	288	7	7!	378	57	6!	-658	174	20!	-35	1	0!
94!	601!	288	7	6!	637	185	17!	-287	38	4!	-147	10	1!
95!	601!	338	7	6!	676	213	19!	-322	48	5!	-38	1	0!
96!	602!	181	7	7!	489	94	10!	-102	4	0!	100	4	1!
97!	603!	169	7	7!	260	27	3!	98	4	0!	-232	22	4!
98!	604!	187	7	7!	-74	2	0!	521	110	12!	-365	54	9!
99!	605!	335	7	6!	571	153	14!	-301	43	4!	108	5	1!
100!	605!	317	7	6!	616	179	16!	-272	35	3!	63	2	0!

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

!	I1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
101!	606!	349	7	7!	-584	134	15!	-450	79	9!	-394	61	10!
102!	606!	364	7	7!	-526	113	12!	-575	135	15!	-206	17	3!
103!	607!	453	7	7!	-388	63	6!	-810	275	30!	33	0	0!
104!	607!	359	7	6!	-399	67	7!	-649	178	19!	-51	1	0!
105!	608!	410	7	7!	-357	53	5!	-746	232	25!	-248	26	4!
106!	608!	436	7	6!	-300	38	4!	-681	197	21!	-389	65	10!
107!	609!	262	7	5!	317	56	4!	-234	31	2!	-405	91	11!
108!	610!	210	7	7!	-97	4	0!	402	68	7!	-325	44	7!
109!	612!	188	7	6!	496	114	10!	71	2	0!	284	37	5!
110!	613!	220	7	7!	-391	60	7!	224	20	2!	-437	75	13!
111!	614!	143	7	5!	-4	0	0!	372	69	6!	-363	66	9!
112!	615!	326	7	6!	607	167	16!	-38	1	0!	308	43	6!
113!	616!	144	7	6!	-14	0	0!	-16	0	0!	-298	40	6!
114!	617!	57	7	6!	110	6	1!	-186	16	2!	-163	13	2!
115!	617!	240	7	6!	570	151	14!	-275	35	3!	-21	0	0!
116!	701!	462	7	6!	-514	112	11!	-784	262	28!	-164	11	2!
117!	701!	427	7	7!	-523	115	12!	-604	153	16!	-432	78	13!
118!	702!	103	7	5!	-81	3	0!	242	31	3!	-350	64	8!
119!	703!	362	7	7!	-215	19	2!	596	147	16!	-680	191	31!
120!	704!	233	7	8!	-220	16	2!	490	80	11!	-556	104	21!
121!	705!	252	7	7!	-21	0	0!	276	29	3!	-149	8	2!
122!	706!	224	7	6!	-177	14	1!	248	28	3!	-408	74	11!
123!	707!	306	7	7!	-201	16	2!	664	170	20!	-539	112	20!
124!	801!	249	7	7!	-197	15	2!	-37	1	0!	153	9	2!
125!	801!	338	7	7!	-333	43	5!	-35	0	0!	-24	0	0!
126!	802!	373	7	7!	-452	78	9!	-144	8	1!	-167	11	2!
127!	802!	410	7	7!	-96	3	0!	-109	4	1!	-88	3	1!
128!	803!	144	7	5!	400	88	7!	-21	0	0!	-316	55	7!
129!	804!	215	7	5!	541	154	12!	-164	14	1!	-291	44	6!
130!	805!	278	7	9!	-667	143	19!	-81	2	0!	-467	70	15!
131!	806!	169	7	7!	-476	93	10!	-7	0	0!	-137	8	1!
132!	807!	241	7	8!	-452	72	9!	354	44	6!	-122	5	1!
133!	808!	114	7	7!	-224	19	2!	-84	3	0!	-214	18	3!
134!	809!	322	7	6!	-92	4	0!	-509	110	12!	-555	130	21!
135!	810!	267	7	7!	-272	27	3!	-291	31	4!	-586	127	23!
136!	811!	205	7	6!	-161	11	1!	-115	6	1!	-159	11	2!
137!	812!	345	7	5!	706	254	21!	-210	22	2!	-294	44	6!
138!	813!	451	7	7!	-542	114	12!	-734	210	24!	-265	27	5!
139!	813!	319	7	7!	-492	97	10!	-569	130	15!	-286	33	6!
140!	814!	480	7	7!	-546	120	13!	-758	231	26!	-89	3	1!
141!	814!	449	7	7!	-546	121	13!	-599	146	16!	-257	27	4!
142!	815!	207	7	5!	124	8	1!	-89	4	0!	-440	98	13!
143!	816!	169	7	7!	-311	40	4!	-172	12	1!	-318	42	7!
144!	817!	141	7	6!	463	97	9!	-140	9	1!	-159	11	2!
145!	901!	265	7	8!	-290	30	4!	406	59	7!	432	66	13!
146!	902!	107	7	6!	-345	51	5!	9	0	0!	-132	8	1!
147!	903!	95	7	6!	200	18	2!	-118	6	1!	172	14	2!
148!	904!	325	7	8!	-233	19	2!	175	11	1!	-115	5	1!
149!	905!	215	7	7!	-336	46	5!	-495	100	11!	-280	32	5!
150!	906!	48	7	6!	53	1	0!	-190	16	2!	-20	0	0!
!	!			1000!			1000!			1000!			1000!

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

! J1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
1!C101!	431	5	6!	1040	329	33!	-77	2	0!	89	2	0!
2!C102!	356	4	7!	597	85	9!	271	18	2!	159	6	1!
3!C103!	258	4	7!	-303	22	2!	732	129	14!	-297	21	4!
4!C104!	443	4	7!	-707	130	13!	-64	1	0!	-214	12	2!
5!C105!	496	4	7!	-886	164	18!	-938	185	21!	289	17	3!
6!CVO1!	400	5	6!	1000	316	31!	-84	2	0!	72	2	0!
7!CVO2!	330	4	7!	514	72	7!	210	12	1!	75	2	0!
8!CVO3!	271	4	7!	-396	39	4!	737	136	15!	-303	23	4!
9!CVO4!	396	4	7!	-719	124	13!	-117	3	0!	-234	13	2!
10!CVO5!	449	3	7!	-857	133	15!	-976	173	20!	474	41	7!
11!CLA1!	293	4	7!	964	223	23!	-114	3	0!	-151	5	1!
12!CLA2!	428	4	7!	606	96	10!	267	19	2!	101	3	0!
13!CLA3!	173	4	7!	-123	4	0!	459	57	6!	-254	17	3!
14!CLA4!	217	4	7!	-587	79	8!	91	2	0!	-323	24	4!
15!CLA5!	501	4	7!	-879	193	20!	-740	137	15!	614	94	16!
16!LAC1!	732	4	7!	419	44	5!	533	71	8!	901	203	34!
17!LAC2!	508	9	5!	380	123	9!	278	66	5!	-460	181	20!
18!LAC3!	509	4	7!	-732	145	15!	-239	15	2!	606	100	16!
19!LAC4!	691	3	7!	-808	95	11!	-1450	305	37!	-772	87	16!
20!LAD1!	698	6	6!	-86	3	0!	-383	65	6!	701	217	31!
21!LAD2!	439	9	5!	157	18	1!	39	1	0!	-58	3	0!
22!LAD3!	334	5	6!	-152	8	1!	379	52	5!	-712	185	28!
23!VOI1!	221	3	7!	794	92	10!	-318	15	2!	249	9	2!
24!VOI2!	579	7	5!	-236	30	3!	74	3	0!	949	478	65!
25!VOI3!	551	6	6!	429	84	7!	611	170	16!	-761	265	38!
26!VOI4!	586	4	7!	-717	140	14!	-829	186	20!	-572	89	14!
27!LUC1!	728	4	7!	361	31	3!	572	78	9!	921	203	34!
28!LUC2!	600	9	5!	534	206	16!	332	80	6!	-565	232	28!
29!LUC3!	501	4	7!	-729	133	14!	-252	16	2!	628	99	16!
30!LUC4!	632	4	7!	-793	144	15!	-1070	263	30!	-355	29	5!
31!DEU1!	140	4	7!	-98	3	0!	-392	42	5!	231	14	2!
32!DEU2!	38	5	6!	183	12	1!	70	2	0!	33	0	0!
33!DEU3!	41	6	6!	-43	1	0!	56	1	0!	-99	4	1!
34!DEU4!	113	4	7!	-69	1	0!	229	14	2!	-131	4	1!
35!EUG1!	103	5	6!	-20	0	0!	-341	35	4!	311	30	5!
36!EUG2!	91	5	6!	-2	0	0!	333	40	4!	-217	17	3!
37!EUG3!	45	6	6!	124	6	1!	-110	5	0!	60	1	0!
38!EUG4!	191	4	7!	-151	6	1!	112	3	0!	-157	6	1!
39!DGE0!	195	14	3!	189	76	3!	23	1	0!	85	15	1!
40!DGE1!	126	3	7!	-444	36	4!	399	29	3!	-140	4	1!
41!DGE2!	142	3	7!	-363	26	3!	-463	43	5!	-219	10	2!
42!GEG0!	304	15	2!	210	118	4!	195	101	4!	78	16	1!
43!GEG1!	304	6	6!	-559	118	11!	-519	101	10!	-209	16	2!
44!LAR1!	409	3	7!	474	41	4!	579	61	7!	743	100	18!
45!LAR2!	317	7	5!	367	71	6!	390	81	7!	-463	114	15!
46!LAR3!	417	6	6!	-611	150	14!	-96	4	0!	411	68	10!
47!LAR4!	512	4	7!	-116	4	0!	-921	230	25!	-334	30	5!
48!DEF0!	305	14	3!	23	1	0!	-305	192	9!	-176	64	4!
49!DEF1!	282	4	7!	-617	80	9!	868	158	18!	241	12	2!
50!DEF2!	255	3	7!	594	64	7!	359	23	3!	501	45	8!

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

! J1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
51!EFG0!	362	14	3!	62	8	0!	-326	233	10!	-195	83	5!
52!EFG1!	188	4	7!	-237	12	1!	764	122	14!	287	17	3!
53!EFG2!	218	3	7!	-10	0	0!	655	70	8!	602	59	11!
54!DEO1!	292	4	7!	237	15	2!	114	3	0!	866	195	32!
55!DEO2!	67	5	6!	258	23	2!	132	6	1!	121	5	1!
56!DEO3!	42	4	7!	60	1	0!	77	1	0!	-108	2	0!
57!DEO4!	109	3	7!	-213	9	1!	-331	22	3!	-443	39	7!
58!DEO5!	249	4	7!	-471	53	6!	-82	2	0!	-610	89	15!
59!EOG1!	200	3	7!	-59	1	0!	251	11	1!	847	123	22!
60!EOG2!	148	5	6!	399	56	5!	316	35	4!	265	25	4!
61!EOG3!	47	4	7!	85	2	0!	-42	0	0!	-110	3	1!
62!EOG4!	75	4	7!	-201	9	1!	-314	22	2!	-241	13	2!
63!EOG5!	217	4	7!	-386	37	4!	-268	18	2!	-632	100	17!
64!HAF1!	287	3	7!	595	54	6!	63	1	0!	236	9	2!
65!HAF2!	287	18	1!	-92	54	1!	-10	1	0!	-36	9	0!
66!AFG1!	214	2	8!	378	16	2!	19	0	0!	626	44	8!
67!AFG2!	214	18	1!	-42	16	0!	-2	0	0!	-70	44	1!
68!DDH0!	203	8	5!	292	54	4!	-387	94	8!	-29	1	0!
69!DDH1!	142	5	6!	-471	73	7!	284	26	3!	72	2	0!
70!DDH2!	43	4	7!	-48	1	0!	286	20	2!	-16	0	0!
71!DDH3!	31	4	7!	73	1	0!	140	4	0!	-21	0	0!
72!DHG0!	287	7	5!	255	37	3!	-390	86	8!	-178	18	2!
73!DHG1!	196	6	6!	-504	105	10!	-69	2	0!	66	2	0!
74!DHG2!	127	4	7!	84	2	0!	411	39	4!	471	51	9!
75!DHG3!	91	3	7!	252	12	1!	527	53	6!	-271	14	2!
76!DAH0!	220	16	2!	-8	0	0!	-140	62	2!	-115	42	2!
77!DAH1!	220	5	6!	25	0	0!	445	62	7!	363	42	7!
78!AHG0!	284	17	1!	-21	2	0!	-76	27	1!	-178	152	5!
79!AHG1!	284	4	7!	100	2	0!	361	27	3!	851	152	26!
80!LON1!	440	6	6!	712	210	19!	-643	172	17!	-71	2	0!
81!LON2!	142	5	6!	130	6	1!	-447	70	7!	7	0	0!
82!LON3!	138	5	6!	-450	74	7!	367	49	5!	-87	3	0!
83!LON4!	441	4	7!	-681	102	11!	1150	290	33!	234	12	2!
84!LMP1!	36	7	6!	154	12	1!	12	0	0!	139	10	1!
85!LMP2!	141	6	6!	-206	18	2!	204	18	2!	-345	51	7!
86!LMP3!	79	4	7!	-123	4	0!	54	1	0!	307	23	4!
87!LMP4!	144	4	7!	197	8	1!	-436	40	5!	-12	0	0!
88!ELP1!	363	4	7!	938	211	22!	-640	98	11!	-246	15	2!
89!ELP2!	108	4	7!	-211	9	1!	-475	47	5!	-332	23	4!
90!ELP3!	160	4	7!	-302	25	3!	-364	36	4!	183	9	1!
91!ELP4!	223	5	6!	-24	0	0!	607	125	13!	-101	3	1!
92!ELP5!	262	3	7!	-446	40	4!	780	122	14!	551	61	11!
93!MPG1!	128	5	6!	-62	1	0!	149	7	1!	177	10	2!
94!MPG2!	99	6	6!	-65	2	0!	281	35	3!	-281	35	5!
95!MPG3!	65	4	7!	127	5	0!	-278	22	2!	157	7	1!
96!MPG4!	60	5	6!	33	0	0!	-271	22	2!	34	0	0!
97!LPG1!	344	3	7!	1189	230	26!	-604	59	7!	-28	0	0!
98!LPG2!	132	4	7!	442	47	5!	-446	48	5!	-268	17	3!
99!LPG3!	154	6	6!	-305	37	3!	-324	42	4!	-157	10	1!
100!LPG4!	165	5	6!	-315	29	3!	577	97	10!	40	0	0!

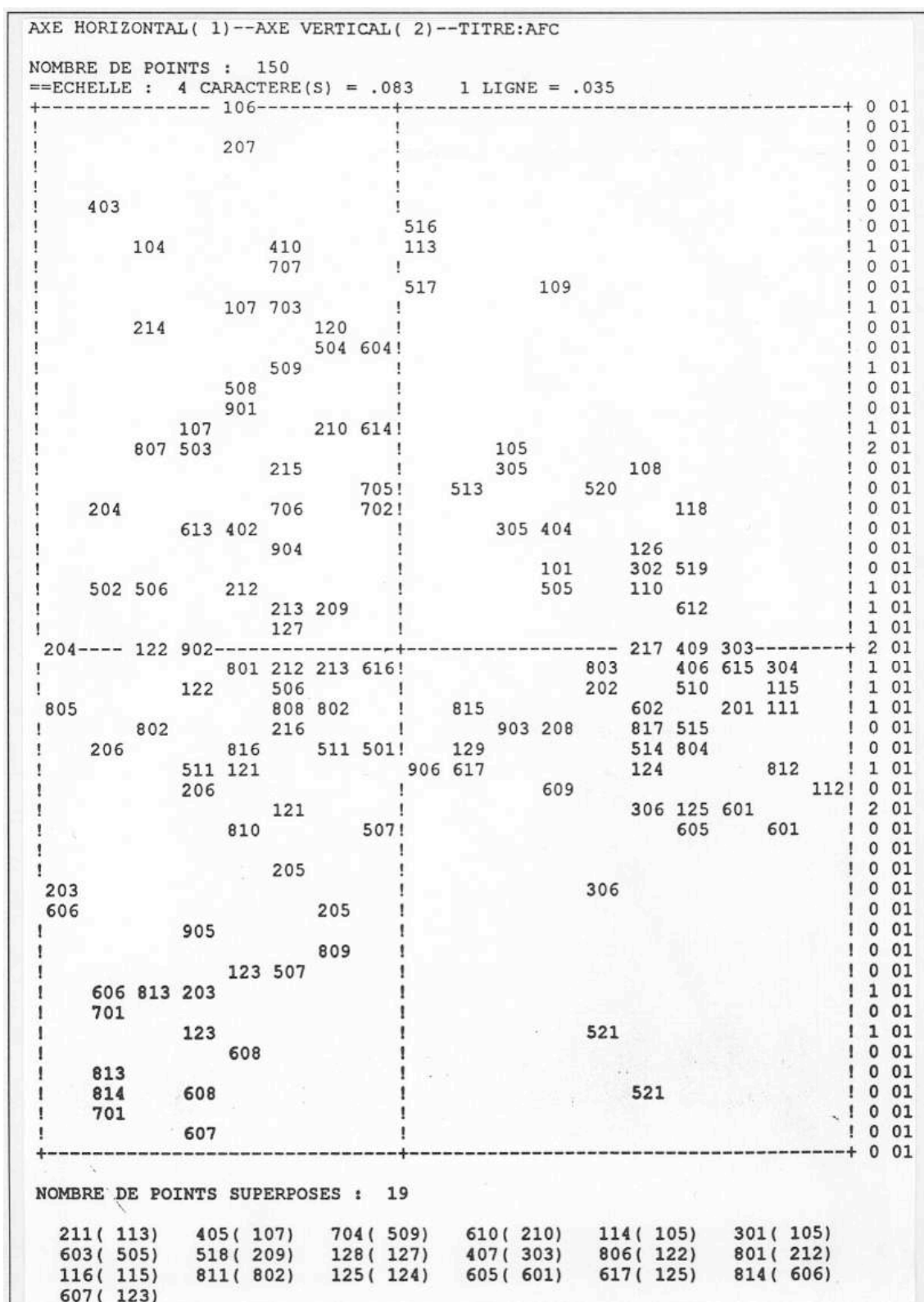
(Source : Vaclav Stransky, 1995)

! J1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
101!LPG5!	345	3	7!	-606	67	7!	868	136	16!	596	64	11!
102!ARB0!	167	19	1!	17	4	0!	12	2	0!	-74	76	1!
103!ARB1!	167	1	8!	-241	4	1!	-170	2	0!	1033	76	15!
104!BRI0!	128	17	1!	17	2	0!	-91	48	1!	24	3	0!
105!BRI1!	128	3	7!	-97	2	0!	530	48	6!	-137	3	1!
106!PRO1!	124	5	6!	236	18	2!	-181	10	1!	131	5	1!
107!PRO2!	187	10	4!	-202	36	2!	67	4	0!	-2	0	0!
108!PRO3!	53	6	6!	128	7	1!	42	1	0!	-103	4	1!
109!CRE0!	191	19	0!	40	33	0!	-61	76	0!	25	13	0!
110!CRE1!	191	1	8!	-815	33	4!	1242	76	10!	-520	13	3!
111!DTG0!	523	16	2!	119	56	1!	-222	197	5!	172	119	5!
112!DTG1!	523	4	7!	-475	56	6!	887	197	22!	-690	119	20!
113!DTT0!	653	13	3!	263	135	6!	-397	306	14!	225	98	7!
114!DTT1!	421	4	7!	-411	39	4!	1182	321	36!	-285	19	3!
115!DTT2!	371	3	7!	-634	73	8!	269	13	2!	-622	70	12!
116!DCT0!	544	11	4!	395	193	11!	-397	195	12!	224	62	6!
117!DCT1!	103	4	7!	-492	58	6!	222	12	1!	293	21	3!
118!DCT2!	296	3	7!	-555	47	5!	810	101	12!	-680	71	13!
119!DCT3!	356	2	7!	-411	23	3!	573	45	5!	-749	77	14!
120!DPC0!	251	5	6!	486	69	7!	-556	91	10!	-289	25	4!
121!DPC1!	68	4	7!	-352	32	3!	133	5	1!	137	5	1!
122!DPC2!	37	5	6!	-109	4	0!	202	13	1!	54	1	0!
123!DPC3!	128	3	7!	-350	22	2!	461	39	5!	294	16	3!
124!DPC4!	184	3	7!	258	13	1!	-132	3	0!	-127	3	1!
125!PCG0!	299	5	6!	733	164	16!	-506	78	8!	-141	6	1!
126!PCG1!	155	4	7!	-339	32	3!	144	6	1!	311	27	4!
127!PCG2!	55	4	7!	-103	2	0!	-112	3	0!	262	15	3!
128!PCG3!	183	4	7!	-502	55	6!	643	91	10!	-225	11	2!
129!PCG4!	297	4	7!	66	1	0!	-49	1	0!	-226	12	2!
130!FEU0!	456	14	3!	403	335	14!	42	4	0!	59	7	0!
131!FEU1!	456	7	6!	-832	335	29!	-87	4	0!	-121	7	1!
132!DEP0!	311	17	1!	129	83	2!	-109	59	1!	-128	82	3!
133!DEP1!	311	3	7!	-644	83	9!	544	59	7!	639	82	14!
134!SEN1!	651	13	3!	228	85	4!	444	321	17!	-223	81	6!
135!SEN2!	651	8	5!	-373	85	7!	-724	321	28!	365	81	10!
136!ACH1!	139	10	4!	-215	44	3!	59	3	0!	-46	2	0!
137!ACH2!	180	4	7!	-193	8	1!	291	18	2!	133	4	1!
138!ACH3!	132	7	6!	407	85	7!	-232	28	3!	-2	0	0!
139!FON1!	322	8	5!	-593	228	18!	-272	48	4!	36	1	0!
140!FON2!	390	8	5!	688	290	23!	92	5	0!	-33	1	0!
141!FON3!	112	5	6!	-124	4	0!	317	29	3!	-6	0	0!
142!SPE0!	220	18	1!	99	68	1!	-97	65	1!	-100	68	2!
143!SPE1!	220	3	7!	-685	68	8!	668	65	8!	687	68	12!
144!DVL0!	387	5	6!	883	283	27!	-259	24	2!	139	7	1!
145!DVL1!	305	4	7!	-231	12	1!	843	156	18!	208	9	2!
146!DVL2!	81	4	7!	-57	1	0!	463	45	5!	-353	26	4!
147!DVL3!	260	4	7!	-561	82	8!	-328	28	3!	272	19	3!
148!DVL4!	212	4	7!	-391	32	3!	-550	63	7!	-402	34	6!
149!VLG0!	351	6	6!	751	220	21!	-83	3	0!	-28	0	0!
150!VLG1!	316	3	7!	-66	1	0!	821	122	14!	668	81	14!

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

! J1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
151!VLG2!	52	4	7!	-173	8	1!	244	16	2!	-177	8	1!
152!VLG3!	143	3	7!	-450	37	4!	-380	26	3!	-191	7	1!
153!VLG4!	249	4	7!	-472	56	6!	-482	58	6!	-137	5	1!
154!ORI1!	56	5	6!	-204	13	1!	-29	0	0!	-153	7	1!
155!ORI2!	120	5	6!	94	3	0!	20	0	0!	350	39	6!
156!ORI3!	96	5	6!	-126	5	0!	90	2	0!	-189	10	2!
157!ORI4!	62	6	6!	179	14	1!	-61	2	0!	-18	0	0!
158!HIS1!	247	10	4!	-250	55	4!	240	50	4!	341	101	11!
159!HIS2!	501	5	6!	-527	85	8!	-495	74	8!	-616	116	18!
160!HIS3!	335	6	6!	798	273	25!	12	0	0!	-50	1	0!
161!DVC0!	656	14	3!	304	185	8!	378	285	13!	-193	75	5!
162!DVC1!	312	4	7!	-281	17	2!	-557	68	8!	411	37	6!
163!DVC2!	415	3	7!	-994	179	20!	-988	177	21!	357	23	4!
!	!		1000!			1000!			1000!			1000!

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



(Source : Vaclav Stransky, 1995)

LPG5 (DEF1)	ELP5 (CVO3)	DVL2 (CLA3)	FON3 (DDH2)	CLA2 (C102)	MPG2 (EOG1)
HIS1 (VLG2)	DPC2 (DEU4)	PCG1 (DPC1)	DEU2 (LAD2)	LMP3 (DEU3)	PRO2 (VOI2)
PRO3 (LAD2)	ACH1 (VOI2)	AFG2 (HAF2)	LMP1 (DGE0)	ORI2 (ARB0)	CRE0 (EOG3)
PCG4 (EOG3)	CVO1 (C101)	CLA1 (C101)	BRI0 (AHG0)	DEP0 (EUG3)	SPE0 (EUG3)
LUC3 (LAC3)	EPG0 (EUG1)	LPG3 (ELP3)	DEU1 (LAD1)	DHG0 (DDH0)	DTT0 (DDH0)
LMP4 (LON2)	HIS2 (GEG1)				

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

ANNEXE 17

Dépouillement et interprétation des sorties brutes : quelques éléments.

Le **diagramme des valeurs propres** indique le pourcentage de la variance totale expliquée par chaque facteur. En soi, la valeur de ce pourcentage est difficile à interpréter : dans certains cas, même une faible valeur, de l'ordre de quelques pourcents, suffit ; dans d'autres, même une valeur élevée n'a que peu de signification³⁷¹. En revanche, il est intéressant de relever les variations de ces pourcentages au fur et à mesure que l'on s'éloigne du premier facteur³⁷² : sur le diagramme des valeurs propres présenté dans l'annexe précédente, on note ainsi des valeurs quasiment identiques pour les deux premiers facteurs (respectivement 6,453 % et 6,080 %), puis une forte chute (diminution de 2,026 %) entre le deuxième et le troisième facteur ; d'une certaine manière, les deux premiers facteurs forment donc un "bloc" à part, pouvant suffire pour une interprétation en première approximation des nuages multidimensionnels.

Pour ce qui est des tableaux des contributions relatives, servant comme base (conjointement avec les sorties graphiques) à l'interprétation des différents facteurs, on se contente de retenir les seuls points qui contribuent "**de façon significative**" à la variance du facteur en cours d'interprétation. Evidemment, le tout est de choisir une bonne limite en deçà de laquelle une contribution relative du point à la variance du facteur (CTR) n'est plus "significative". Souvent, on prend comme limite une valeur égale à **une fois et demi** la valeur du CTR moyen, obtenu simplement en divisant la contribution relative totale (1000, car celle-ci est exprimée en millièmes) par le nombre de points : si on prend l'exemple du tableau des "points-modalités de variables" comprenant 163 lignes (points), ce CTR moyen est égal à $1000/163$, soit environ 6 ‰. Nous retenons donc uniquement les modalités dont le CTR est strictement supérieur à $1,5 \times 6 = 9$ ‰. La somme des CTR des modalités retenues est égale à 624 ‰ pour le premier facteur, et 634 ‰ pour le deuxième facteur : ces modalités expliquent donc, dans les deux cas, un peu moins des **deux-tiers** de la variance totale du

371 En fait, ces pourcentages ne peuvent être interprétés en eux-mêmes que si l'on possède à fond le codage des données et la structure de ces dernières ; or si tel était le cas, il n'y aurait plus besoin d'effectuer une analyse des données ! (Cf. FENELON, J.-P. - *Qu'est-ce que l'Analyse des Données ?* op. cit., pp.164-165).

372 On notera que sur ce diagramme, le premier facteur est désigné par le numéro 2 : en fait, il s'agit du premier facteur non trivial (à propos du "facteur trivial" : cf. FENELON, J.-P. - *Qu'est-ce que l'Analyse des Données ?*, op. cit., pp. 162-163).

facteur, ce qui est tout-à-fait correct (en effet, dans la pratique, on se contente souvent des modalités dont le cumul des CTR représente la **moitié** de la variance totale du facteur).

Une fois déterminées, pour chaque facteur, les modalités de variables contribuant significativement à la variance de ce dernier, commence le travail d'interprétation proprement dit. L'objet de ce travail est de donner une **signification** au facteur, qui, pour l'instant, n'est qu'une espèce de "cocktail" dans la composition duquel entrent (dans des proportions différentes selon les valeurs respectives du CTR) les différentes modalités de variables. L'interprétation d'un facteur est une tâche pour laquelle aucune recette ne peut être proposée : la combinaison des différentes modalités de variables (chacune intervenant avec plus ou moins de "poids" dans la définition du facteur) fournit au chercheur des éléments de réflexion, lui suggère des idées qui, confrontées à son expérience et aux connaissances préalables qu'il peut avoir du type d'objet traité, aboutissent à **une** interprétation possible.

D'une certaine manière, ce travail n'est pas sans rappeler une enquête policière : le détective, fort de son intuition et de son expérience, tente d'intégrer dans un schéma cohérent, l'**ensemble** des indices - seuls éléments objectifs (ici, les valeurs du CTR) - dont il dispose. Bien évidemment, de nombreux tâtonnements et allers-retours sont nécessaires, de même que, parfois, la recherche d'autres indices (dans notre cas, cela correspondrait à l'adjonction d'autres variables morphologiques ou de contrôle) : en effet, pour qu'une hypothèse sur l'identité du coupable soit recevable, il faut que **tous** les indices "collent" ; il suffit qu'un indice unique ne rentre pas dans le schéma global échaffaudé pour invalider ce dernier.

Autre point commun avec l'enquête policière : une fois que le coupable est démasqué (i.e. : l'axe ou le plan factoriel interprété), la solution paraît souvent évidente, triviale³⁷³ ; mais l'était-elle *avant* ?

373 "Bon sang, mais c'est bien sûr !"

ANNEXE 18

Analyse des correspondances multiples sur tableau de Burt croisant les 143 modalités les plus significatives des variables morphologiques et de contrôle par elles-mêmes (tableau de contingences multiples 143 x 143), les modalités des vitesses (variables fonctionnelles) étant prises en compte en tant que variables supplémentaires (20 modalités).

Dans cette annexe, nous présentons :

- Le diagramme des valeurs propres des 63 premiers facteurs : 1 page.
- Le tableau des contributions relatives des 143 points-modalités de variables morphologiques et de contrôle les plus significatives (choisies en fonction de leur qualité de représentation sur les 6 premiers axes factoriels, dans le tableau correspondant de l'annexe 16) à l'inertie des trois premiers facteurs (CTR) et des contributions relatives de chacun de ces derniers à l'excentricité de chaque point-modalité de variable (COR) : 3 pages.
- Le tableau des contributions relatives des 20 points-modalités des vitesses, prises comme **variables supplémentaires**, à l'inertie des trois premiers facteurs (CTR) et des contributions relatives de chacun de ces derniers à l'excentricité de chaque point-modalité de variable (COR) : 1 page.
- La projection du nuage des points-modalités de variables sur le premier plan factoriel : 1 page.

Par rapport au nuage d'origine (nuage complet, 163 modalités), 20 points-modalités ont été supprimés (pour raisons de capacité mémoire insuffisante de l'outil informatique) : il s'agit de ceux dont les contributions relatives à l'inertie des deux premiers facteurs sont les plus faibles, et dont la qualité de représentation (erreurs de perspective dans la projection) sur les six premiers facteurs est mauvaise (cela correspond aux points dont la valeur de la somme des COR sur les six premiers facteurs - dans le tableau, cette somme est donnée dans la colonne QLT - est faible).

Evidemment, le nuage de points ainsi "épuré" n'est pas *exactement* identique au nuage complet (cf. dernière page de cette annexe ; à comparer avec le nuage complet de l'annexe 16), mais les différences sont minimes. Les caractéristiques

essentielles, à savoir la tripolarité du nuage et l'identité des modalités définissant chaque pôle, sont évidemment conservées (puisque l'on a éliminé des points dont le rôle dans la variance du nuage peut être considérée comme négligeable).

Remarquons que par rapport au nuage complet (annexe 14), ce nuage épuré a subi (relativement aux nouveaux axes factoriels) une rotation d'environ 45° dans le sens des aiguilles d'une montre : le pôle 1 se trouve ici au Sud-Est, le pôle 2 à l'Ouest, le pôle 3 au Nord (les anciennes positions étaient respectivement Est, Sud-Ouest et Nord-Ouest ; q.v.).

Le positionnement des différentes modalités des vitesses moyennes VCIR et VMVT placées dans ce nuage en éléments supplémentaires révèle, pour chacune de ces variables, une trajectoire formée par la suite ordonnée (par ordre de vitesses croissantes) des modalités partant de la zone d'influence du pôle 1 et aboutissant dans celle du pôle 3 en passant par le "territoire" du pôle 2.

LES VALEURS PROPRES				VAL(1)=	1.00000		
INUM	VAL PROPRE	POURC.	CUMUL	IVARIAT.	!	HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES	
1	2	.16664	6.698	6.698	*****	*****	*****
1	3	.16313	6.557	13.256	.141	*****	*****
1	4	.11032	4.434	17.690	2.123	*****	*****
1	5	.10234	4.114	21.804	.321	*****	***
1	6	.08884	3.571	25.375	.543	*****	*
1	7	.07561	3.039	28.414	.532	*****	
1	8	.06981	2.806	31.220	.233	*****	
1	9	.06834	2.747	33.967	.059	*****	
1	10	.06693	2.690	36.657	.057	*****	
1	11	.05893	2.369	39.026	.321	*****	
1	12	.05569	2.238	41.264	.130	*****	
1	13	.05476	2.201	43.465	.037	*****	
1	14	.05380	2.163	45.628	.039	*****	
1	15	.04976	2.000	47.628	.162	*****	
1	16	.04865	1.956	49.584	.045	*****	
1	17	.04676	1.880	51.464	.076	*****	
1	18	.04404	1.770	53.234	.110	*****	
1	19	.04388	1.764	54.998	.006	*****	
1	20	.04224	1.698	56.696	.066	*****	
1	21	.04207	1.691	58.387	.007	*****	
1	22	.04120	1.656	60.043	.035	*****	
1	23	.03857	1.550	61.593	.106	*****	
1	24	.03807	1.530	63.123	.020	*****	
1	25	.03722	1.496	64.619	.034	*****	
1	26	.03557	1.430	66.049	.066	*****	
1	27	.03483	1.400	67.449	.030	*****	
1	28	.03300	1.326	68.775	.074	*****	
1	29	.03137	1.261	70.036	.066	*****	
1	30	.03106	1.248	71.285	.012	*****	
1	31	.02926	1.176	72.461	.072	*****	
1	32	.02828	1.137	73.598	.040	*****	
1	33	.02759	1.109	74.707	.028	*****	
1	34	.02705	1.087	75.794	.022	*****	
1	35	.02596	1.043	76.837	.044	*****	
1	36	.02508	1.008	77.846	.035	*****	
1	37	.02368	.952	78.798	.056	*****	
1	38	.02329	.936	79.734	.016	*****	
1	39	.02247	.903	80.637	.033	*****	
1	40	.02161	.869	81.506	.035	*****	
1	41	.02058	.827	82.333	.041	*****	
1	42	.02038	.819	83.152	.008	*****	
1	43	.01955	.786	83.938	.033	*****	
1	44	.01919	.771	84.709	.015	*****	
1	45	.01852	.744	85.454	.027	*****	
1	46	.01784	.717	86.171	.027	*****	
1	47	.01738	.698	86.869	.019	*****	
1	48	.01647	.662	87.531	.036	*****	
1	49	.01627	.654	88.185	.008	*****	
1	50	.01557	.626	88.811	.028	*****	
1	51	.01454	.584	89.396	.042	*****	
1	52	.01396	.561	89.957	.023	*****	
1	53	.01347	.541	90.498	.020	*****	
1	54	.01333	.536	91.034	.006	*****	
1	55	.01264	.508	91.542	.028	*****	
1	56	.01246	.501	92.043	.007	*****	
1	57	.01124	.452	92.495	.049	*****	
1	58	.01093	.439	92.934	.013	*****	
1	59	.01037	.417	93.350	.023	*****	
1	60	.01001	.403	93.753	.014	*****	
1	61	.00954	.383	94.136	.019	*****	
1	62	.00932	.374	94.511	.009	*****	
1	63	.00888	.357	94.868	.017	*****	
1	64	.00872	.350	95.218	.007	*****	

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

! J1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
1!C101!	269	6	8!	771	181	20!	-510	79	9!	169	9	1!
2!C102!	99	5	8!	614	90	11!	-70	1	0!	176	7	1!
3!C103!	171	5	8!	72	1	0!	741	132	16!	-399	38	7!
4!C104!	125	5	8!	-613	98	11!	248	16	2!	-209	11	2!
5!C105!	283	4	8!	-1072	241	29!	-357	27	3!	271	15	3!
6!CVO1!	253	6	7!	731	169	19!	-495	77	9!	150	7	1!
7!CVO2!	75	5	8!	509	70	8!	-91	2	0!	103	3	1!
8!CVO3!	204	5	8!	-1	0	0!	799	160	19!	-423	45	8!
9!CVO4!	113	5	8!	-635	97	11!	172	7	1!	-199	9	2!
10!CVO5!	256	4	8!	-1051	200	25!	-358	23	3!	424	33	6!
11!LAC1!	364	5	8!	714	127	15!	365	33	4!	901	203	36!
12!LAC2!	417	11	5!	469	187	15!	5	0	0!	-520	230	27!
13!LAC3!	306	5	8!	-841	192	22!	222	13	2!	610	101	18!
14!LAC4!	472	3	9!	-1412	289	37!	-969	136	18!	-563	46	9!
15!LAD1!	305	7	7!	-301	40	4!	-226	22	2!	741	243	37!
16!LAD2!	38	10	6!	214	34	3!	-55	2	0!	-39	1	0!
17!LAD3!	270	7	7!	4	0	0!	347	44	5!	-789	227	37!
18!VOI1!	111	3	9!	510	38	5!	-646	61	8!	302	13	3!
19!VOI2!	538	8	6!	-141	11	1!	282	42	4!	956	485	70!
20!VOI3!	584	8	7!	682	212	21!	245	27	3!	-868	344	52!
21!VOI4!	421	5	8!	-1075	313	36!	-435	51	6!	-457	57	10!
22!LUC1!	355	5	8!	685	112	13!	428	44	5!	910	198	35!
23!LUC2!	570	10	6!	629	286	24!	-30	1	0!	-626	283	36!
24!LUC3!	270	5	8!	-815	166	19!	205	11	1!	611	93	16!
25!LUC4!	449	5	8!	-1251	359	43!	-597	82	10!	-189	8	1!
26!DEU1!	62	5	8!	-324	28	3!	-255	18	2!	246	16	3!
27!DEU2!	18	7	7!	207	16	2!	-49	1	0!	73	2	0!
28!DEU3!	11	8	7!	-1	0	0!	65	2	0!	-140	9	1!
29!DEU4!	19	5	8!	69	1	0!	227	13	2!	-135	5	1!
30!EUG1!	50	6	8!	-184	10	1!	-217	14	2!	287	25	4!
31!EUG2!	55	7	7!	125	6	1!	255	24	3!	-264	25	4!
32!EUG3!	19	7	7!	64	2	0!	-178	13	1!	104	4	1!
33!EUG4!	12	5	8!	-44	0	0!	169	7	1!	-132	5	1!
34!DGE0!	112	17	3!	213	96	5!	-53	6	0!	69	10	1!
35!DGE1!	73	4	8!	-294	16	2!	537	52	7!	-167	5	1!
36!DGE2!	90	4	8!	-597	71	9!	-276	15	2!	-126	3	1!
37!GEG0!	266	18	3!	301	240	10!	85	19	1!	48	6	0!
38!GEG1!	266	7	7!	-799	240	26!	-225	19	2!	-127	6	1!
39!LAR1!	220	4	8!	729	96	12!	341	21	3!	754	103	19!
40!LAR2!	310	8	6!	527	147	14!	109	6	1!	-543	156	23!
41!LAR3!	252	7	7!	-642	166	17!	278	31	3!	369	55	9!
42!LAR4!	251	5	8!	-517	72	8!	-795	172	20!	-155	7	1!
43!DEF0!	260	16	3!	-134	37	2!	-297	181	9!	-142	42	3!
44!DEF1!	251	4	8!	-86	2	0!	1084	246	30!	124	3	1!
45!DEF2!	128	4	8!	685	85	11!	77	1	0!	484	42	8!
46!EFG0!	331	17	3!	-104	24	1!	-344	259	12!	-148	48	3!
47!EFG1!	149	4	8!	171	6	1!	806	136	17!	176	6	1!
48!EFG2!	133	3	8!	298	14	2!	689	77	10!	506	42	8!
49!DEO1!	203	5	8!	310	25	3!	128	4	1!	817	174	30!
50!DEO2!	31	6	7!	284	28	3!	39	1	0!	84	2	0!

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

I	J1	Q	L	T	P	O	I	D	I	N	R	1#F	COR	CTR	2#F	COR	CTR	3#F	COR	CTR
51	DEO3	4			4		8		88	2	0	1	35	0	0	1	-100	2	0	1
52	DEO4	74			4		8		-376	28	3	1	-283	16	2	1	-384	30	5	1
53	DEO5	129			5		8		-468	53	6	1	24	0	0	1	-565	76	14	1
54	EOG1	140			4		8		104	2	0	1	367	23	3	1	818	115	22	1
55	EOG2	104			6		7		477	80	9	1	146	8	1	1	215	16	3	1
56	EOG3	6			5		8		67	1	0	1	-96	3	0	1	-96	3	0	1
57	EOG4	43			4		8		-325	23	3	1	-182	7	1	1	-236	12	2	1
58	EOG5	145			5		8		-476	57	7	1	-193	9	1	1	-564	80	14	1
59	HAF1	67			3		8		561	48	6	1	-215	7	1	1	275	12	2	1
60	HAF2	67			21		1		-86	48	1	1	33	7	0	1	-42	12	0	1
61	AFG1	70			2		9		402	18	2	1	-68	1	0	1	683	52	10	1
62	AFG2	70			22		1		-45	18	0	1	8	1	0	1	-76	52	1	1
63	DDH0	151			9		6		73	3	0	1	-482	147	13	1	28	1	0	1
64	DDH1	104			6		7		-287	27	3	1	485	77	9	1	4	0	0	1
65	DDH2	20			5		8		106	3	0	1	262	16	2	1	-59	1	0	1
66	DDH3	5			4		8		127	3	0	1	94	2	0	1	-3	0	0	1
67	DHG0	154			9		6		32	1	0	1	-516	150	14	1	-80	4	1	1
68	DHG1	119			7		7		-483	97	10	1	230	22	2	1	4	0	0	1
69	DHG2	98			5		8		320	23	3	1	358	29	4	1	445	46	8	1
70	DHG3	79			4		8		441	37	5	1	321	20	2	1	-346	23	4	1
71	DAH0	104			19		2		-80	20	1	1	-138	60	2	1	-86	24	1	1
72	DAH1	104			6		7		254	20	2	1	438	60	7	1	273	24	4	1
73	AHG0	198			20		2		-70	23	1	1	-76	28	1	1	-176	147	6	1
74	AHG1	198			4		8		333	23	3	1	363	28	3	1	839	147	27	1
75	LON1	418			7		7		371	57	6	1	-930	359	38	1	67	2	0	1
76	LON2	74			6		7		-129	6	1	1	-436	67	7	1	57	1	0	1
77	LON3	143			7		7		-234	20	2	1	551	110	12	1	-188	13	2	1
78	LON4	391			4		8		-72	1	0	1	1329	388	48	1	88	2	0	1
79	LMP1	18			8		7		154	12	1	1	-34	1	0	1	106	6	1	1
80	LMP2	79			7		7		-79	3	0	1	224	22	2	1	-359	55	9	1
81	LMP3	26			5		8		-68	1	0	1	174	7	1	1	274	18	3	1
82	LMP4	60			4		8		-85	2	0	1	-518	56	7	1	111	3	0	1
83	ELP1	343			5		8		553	73	9	1	-1059	269	32	1	-71	1	0	1
84	ELP2	83			4		8		-425	38	5	1	-357	27	3	1	-297	19	3	1
85	ELP3	78			5		8		-476	62	7	1	-129	5	1	1	207	12	2	1
86	ELP4	136			6		7		288	28	3	1	527	94	11	1	-198	13	2	1
87	ELP5	222			4		8		-27	0	0	1	963	186	23	1	428	37	7	1
88	LPG1	311			3		8		815	108	14	1	-1105	199	26	1	161	4	1	1
89	LPG2	113			5		8		161	6	1	1	-641	99	12	1	-183	8	1	1
90	LPG3	107			7		7		-472	90	9	1	-148	9	1	1	-144	8	1	1
91	LPG4	133			6		8		9	0	0	1	666	130	15	1	-102	3	1	1
92	LPG5	270			4		8		-79	1	0	1	1110	223	28	1	504	46	9	1
93	ARB0	82			23		1		28	11	0	1	-10	1	0	1	-70	69	1	1
94	ARB1	82			2		9		-396	11	2	1	140	1	0	1	983	69	14	1
95	DTG0	313			20		2		14	1	0	1	-209	174	5	1	186	138	6	1
96	DTG1	313			5		8		-57	1	0	1	834	174	21	1	-744	138	24	1
97	DTT0	499			16		3		65	8	0	1	-422	346	18	1	273	145	11	1
98	DTT1	382			5		8		197	9	1	1	1188	324	39	1	-465	50	9	1
99	DTT2	141			4		8		-518	49	6	1	371	25	3	1	-609	67	13	1
100	DCT0	428			13		4		180	40	3	1	-483	289	19	1	284	100	10	1

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

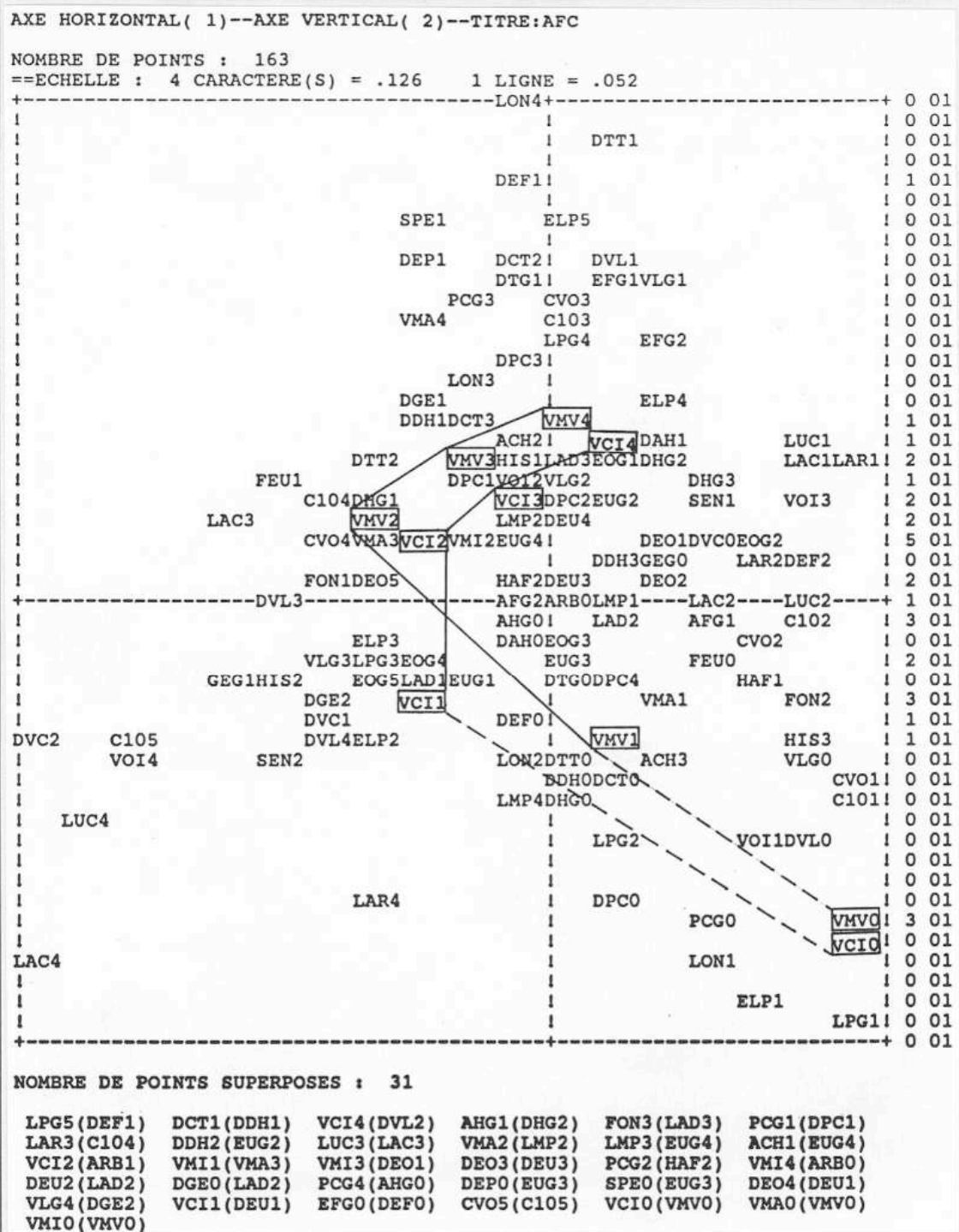
I	J1	Q	L	T	P	O	I	D	I	N	R	1#F	COR	CTR	2#F	COR	CTR	3#F	COR	CTR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
101	DCT1	94	5	8	-347	29	3	475	54	7	219	12	2	102	DCT2	233	3	8	-58	1	0	885	120	16	-854	112	21	103	DCT3	106	3	9	-206	6	1	478	31	4	-712	69	13	104	DPC0	193	6	8	188	10	1	-775	176	20	-147	6	1	105	DPC1	45	5	8	-267	19	2	305	24	3	96	2	0	106	DPC2	19	6	7	48	1	0	234	18	2	4	0	0	107	DPC3	80	4	8	-120	3	0	607	67	8	246	11	2	108	DPC4	18	4	8	113	3	0	-229	11	1	-151	5	1	109	PCG0	280	6	8	442	60	7	-851	220	25	38	0	0	110	PCG1	59	5	8	-208	12	1	297	25	3	279	22	4	111	PCG2	15	4	8	-114	3	0	30	0	0	232	12	2	112	PCG3	168	4	8	-163	6	1	781	134	16	-360	29	5	113	PCG4	16	5	8	-42	0	0	-69	1	0	-253	15	3	114	FEU0	315	16	3	355	260	12	-147	44	2	70	10	1	115	FEU1	315	8	7	-733	260	26	302	44	4	-144	10	2	116	DEP0	231	20	2	64	21	1	-173	149	4	-111	61	2	117	DEP1	231	4	8	-321	21	3	864	149	19	553	61	11	118	SEN1	532	15	4	429	300	17	259	110	6	-274	123	10	119	SEN2	532	9	6	-699	300	27	-423	110	10	448	123	17	120	ACH1	43	12	5	-136	18	1	145	20	2	-76	5	1	121	ACH2	37	4	8	-112	3	0	394	33	4	88	2	0	122	ACH3	121	8	6	252	33	3	-408	86	8	64	2	0	123	FON1	273	10	6	-646	270	24	50	2	0	36	1	0	124	FON2	272	9	6	613	230	21	-261	42	4	2	0	0	125	FON3	40	6	8	93	3	0	350	36	4	-65	1	0	126	SPE0	219	21	1	44	13	0	-146	147	3	-92	58	2	127	SPE1	219	3	9	-304	13	2	1008	147	19	632	58	11	128	DVL0	330	7	7	664	160	17	-641	150	16	233	20	3	129	DVL1	184	4	8	144	5	1	904	179	22	54	1	0	130	DVL2	87	4	8	206	9	1	408	35	4	-454	43	8	131	DVL3	154	5	8	-693	125	15	12	0	0	331	29	5	132	DVL4	119	4	8	-550	64	8	-374	29	4	-356	27	5	133	VLG0	234	7	7	633	156	16	-445	77	8	59	1	0	134	VLG1	203	4	8	258	12	1	857	133	17	565	58	11	135	VLG2	51	5	8	-28	0	0	320	28	3	-289	23	4	136	VLG3	76	4	8	-611	68	8	-160	5	1	-149	4	1	137	VLG4	104	5	8	-585	86	10	-252	16	2	-93	2	0	138	HIS1	194	11	5	-75	5	0	372	121	10	278	68	8	139	HIS2	281	6	8	-744	169	19	-238	17	2	-560	95	16	140	HIS3	274	7	7	695	207	21	-394	67	7	3	0	0	141	DVC0	585	16	3	457	418	20	170	58	3	-233	109	8	142	DVC1	151	4	8	-580	74	9	-322	23	3	500	55	10	143	DVC2	366	4	8	-1307	309	38	-363	24	3	427	33	6

I	I	1000	1000	1000	1000
---	---	------	------	------	------

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

1JSUP1	QLT	POID	INR1	1#F	COR	CTR1	2#F	COR	CTR1	3#F	COR	CTR1
1441VMV01	277	4	81	853	138	171	-843	135	171	130	3	11
1451VMV11	39	5	81	115	4	01	-359	35	41	1	0	01
1461VMV21	101	6	81	-497	72	81	219	14	21	-225	15	31
1471VMV31	45	5	81	-208	11	11	334	29	31	-128	4	11
1481VMV41	76	5	81	-27	0	01	481	55	71	291	20	41
1491VCI01	277	4	81	853	138	171	-843	135	171	130	3	11
1501VCI11	49	4	81	-380	32	41	-257	15	21	-104	2	01
1511VCI21	34	5	81	-338	29	31	131	4	11	-66	1	01
1521VCI31	30	6	71	-107	4	01	274	25	31	-39	1	01
1531VCI41	52	5	81	129	4	11	414	45	51	102	3	01
1541VMA01	277	4	81	853	138	171	-843	135	171	130	3	11
1551VMA11	47	5	81	291	21	21	-285	20	21	151	6	11
1561VMA21	48	6	81	-108	3	01	214	13	21	-328	32	51
1571VMA31	87	7	71	-434	73	81	172	11	11	-76	2	01
1581VMA41	117	3	81	-366	21	31	716	79	101	335	17	31
1591VMI01	277	4	81	853	138	171	-843	135	171	130	3	11
1601VMI11	93	7	71	-425	80	81	168	12	11	-28	0	01
1611VMI21	35	8	71	-226	24	21	150	11	11	-25	0	01
1621VMI31	34	5	81	310	26	31	166	7	11	-20	0	01
1631VMI41	0	0	01	0	0	01	0	0	01	0	0	01
1	1		1471			1131			1131			211

(Source : Vaclav Stransky, 1995)



(Source : Vaclav Stransky, 1995)

ANNEXE 19

Analyse des correspondances multiples de la bande de Burt croisant les 143 modalités les plus significatives des variables morphologiques et de contrôle avec l'ensemble des modalités des vitesses (tableau de contingences multiples 143 x 20).

Dans cette annexe, nous présentons :

- Le diagramme des valeurs propres des 20 facteurs : 1 page.
- Le tableau des contributions relatives des 143 points-modalités de variables morphologiques et de contrôle les plus significatives (cf. annexe 18) à l'inertie des trois premiers facteurs (CTR) et des contributions relatives de chacun de ces derniers à l'excentricité de chaque point-modalité de variable (COR) : 3 pages.
- Le tableau des contributions relatives des 20 points-modalités des vitesses à l'inertie des trois premiers facteurs (CTR) et des contributions relatives de chacun de ces derniers à l'excentricité de chaque point-modalité de variable (COR) : 1 page.
- La projection du nuage des points-modalités des variables morphologiques et de contrôle sur le premier plan factoriel : 1 page.
- La projection du nuage des points-modalités des vitesses sur le premier plan factoriel : 1 page.

LES VALEURS PROPRES			VAL(1)= 1.00000			
INUM	VAL PROPRE	POURC.	CUMUL	IVARIAT.	HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES	
2	.07448	55.937	55.937	*****	*****	
3	.02144	16.099	72.035	39.838	*****	
4	.00981	7.370	79.406	8.729	*****	
5	.00648	4.866	84.272	2.504	***	
6	.00534	4.007	88.279	.859	**	
7	.00478	3.591	91.870	.416	**	
8	.00341	2.562	94.432	1.029	*	
9	.00267	2.004	96.436	.558	*	
10	.00198	1.490	97.926	.514	*	
11	.00129	.969	98.895	.521	*	
12	.00105	.790	99.685	.179	*	
13	.00042	.315	100.000	.475	*	
14	.00000	.000	100.000	.315	*	
15	.00000	.000	100.000	.000	*	
16	.00000	.000	100.000	.000	*	
17	.00000	.000	100.000	.000	*	
18	.00000	.000	100.000	.000	*	
19	.00000	.000	100.000	.000	*	
20	.00000	.000	100.000	.000	*	

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

I	I1	QLT	POID	INR1	1#F	COR	CTR1	2#F	COR	CTR1	3#F	COR	CTR1
11C1011	989	6	731	1284	960	1261	-164	16	71	119	8	81	
21C1021	993	5	151	-338	277	71	-208	105	91	-491	586	1161	
31C1031	861	5	71	-381	707	91	69	23	11	55	15	11	
41C1041	855	5	131	-440	554	131	-109	34	31	303	261	471	
51C1051	885	4	171	-401	299	91	505	473	501	-36	2	11	
61CVO11	987	6	701	1237	956	1201	-181	20	91	91	5	51	
71CVO21	963	5	131	-353	388	91	-133	55	41	-394	482	821	
81CVO31	897	5	71	-374	750	91	109	64	31	50	13	11	
91CVO41	845	5	141	-446	514	131	-138	49	41	300	232	431	
101CVO51	855	4	171	-394	262	81	499	420	431	-37	2	11	
111LAC11	804	5	31	221	691	31	78	86	11	12	2	01	
121LAC21	884	11	21	129	588	21	-79	220	31	-46	76	21	
131LAC31	945	5	61	-351	839	91	-51	17	11	-72	35	31	
141LAC41	948	3	51	-224	248	21	248	304	91	270	361	231	
151LAD11	592	7	21	81	189	11	-64	118	11	87	221	61	
161LAD21	397	10	31	52	73	01	109	323	61	-4	1	01	
171LAD31	710	7	41	-176	410	31	-100	134	31	-94	116	61	
181VOI11	840	3	141	686	774	201	13	0	01	199	65	121	
191VOI21	504	8	21	-121	488	21	-15	8	01	14	6	01	
201VOI31	862	8	31	-4	0	01	-155	435	91	-142	364	161	
211VOI41	910	5	51	-205	330	31	245	472	151	69	37	21	
221LUC11	671	5	21	154	482	21	89	160	21	-8	1	01	
231LUC21	900	10	51	215	676	61	-118	204	71	-26	10	11	
241LUC31	878	5	61	-313	598	61	172	181	71	-95	55	41	
251LUC41	903	5	51	-309	669	61	-10	1	01	168	197	131	
261DEU11	274	5	11	57	135	01	39	65	01	42	74	11	
271DEU21	173	7	31	60	63	01	61	67	11	0	0	01	
281DEU31	180	8	31	-92	163	11	10	2	01	0	0	01	
291DEU41	553	5	21	3	0	01	-135	330	41	-43	34	11	
301EUG11	811	6	21	19	7	01	102	209	31	106	227	71	
311EUG21	406	7	41	13	2	01	-117	171	41	-53	35	21	
321EUG31	451	7	21	101	267	11	51	67	11	-55	78	21	
331EUG41	596	5	21	-182	503	21	-37	21	01	26	10	01	
341DGE01	803	17	41	144	660	51	-59	110	31	32	32	21	
351DGE11	531	4	61	-340	518	61	-46	10	01	-25	3	01	
361DGE21	860	4	61	-273	387	41	282	413	151	-107	60	51	
371GEG01	870	18	21	66	309	11	-76	411	51	-23	37	11	
381GEG11	870	7	51	-176	309	31	203	411	131	61	37	31	
391LAR11	954	4	91	505	792	131	-151	71	41	137	59	71	
401LAR21	468	8	31	99	219	11	-1	0	01	-90	180	71	
411LAR31	890	7	81	-366	854	131	-13	1	01	-47	14	21	
421LAR41	930	5	11	-32	28	01	128	464	41	109	336	61	
431DEF01	766	16	21	106	571	21	53	144	21	20	21	11	
441DEF11	559	4	81	-367	543	81	-21	2	01	53	11	11	
451DEF21	674	4	31	-50	23	01	-209	397	81	-149	202	81	
461EFG01	907	17	41	143	600	51	90	235	61	-32	31	21	
471EFG11	883	4	71	-342	509	71	-52	12	11	72	23	21	
481EFG21	764	3	81	-279	239	41	-376	432	231	70	15	21	
491DEO11	517	5	31	-136	263	11	-68	67	11	-87	108	41	
501DEO21	943	6	121	282	307	71	-361	503	391	115	51	91	

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

!	I1	!	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
51!	DEO3!	729	4	4!	142	173	1!	65	36	1!	161	223	11!	
52!	DEO4!	662	4	4!	-82	52	0!	185	268	7!	-170	226	12!	
53!	DEO5!	823	5	9!	-291	340	5!	341	468	26!	-60	14	2!	
54!	EOG1!	648	4	6!	-112	56	1!	-350	550	20!	53	13	1!	
55!	EOG2!	900	6	5!	177	289	3!	-249	572	18!	11	1	0!	
56!	EOG3!	501	5	3!	38	19	0!	146	276	5!	-81	86	4!	
57!	EOG4!	723	4	2!	73	74	0!	98	132	2!	67	62	2!	
58!	EOG5!	886	5	11!	-255	218	4!	338	383	26!	-27	2	0!	
59!	HAF1!	734	3	7!	-154	88	1!	-375	523	21!	-178	117	10!	
60!	HAF2!	734	21	1!	24	88	0!	58	523	3!	27	117	2!	
61!	AFG1!	429	2	2!	139	199	1!	-133	181	2!	-29	9	0!	
62!	AFG2!	429	22	0!	-15	199	0!	15	181	0!	3	9	0!	
63!	DDH0!	833	9	4!	173	595	4!	79	123	3!	-75	111	5!	
64!	DDH1!	863	6	5!	-310	805	8!	-51	22	1!	16	2	0!	
65!	DDH2!	254	5	1!	-88	195	0!	-18	8	0!	22	12	0!	
66!	DDH3!	754	4	2!	154	354	1!	-82	101	1!	119	211	6!	
67!	DHG0!	669	9	8!	269	599	9!	81	54	3!	-32	9	1!	
68!	DHG1!	885	7	10!	-403	859	16!	31	5	0!	-25	3	0!	
69!	DHG2!	327	5	1!	37	33	0!	-96	215	2!	21	10	0!	
70!	DHG3!	508	4	2!	89	122	0!	-127	244	3!	94	134	4!	
71!	DAH0!	926	19	2!	94	523	2!	77	351	5!	26	41	1!	
72!	DAH1!	926	6	7!	-297	523	7!	-243	351	16!	-83	41	4!	
73!	AHG0!	789	20	1!	32	153	0!	42	268	2!	-22	73	1!	
74!	AHG1!	789	4	5!	-151	153	1!	-200	268	8!	104	73	5!	
75!	LON1!	927	7	17!	535	880	28!	111	38	4!	43	6	1!	
76!	LON2!	697	6	4!	107	130	1!	136	212	5!	-160	294	17!	
77!	LON3!	808	7	10!	-349	585	11!	-191	175	11!	92	41	6!	
78!	LON4!	746	4	12!	-510	690	15!	-94	24	2!	26	2	0!	
79!	LMP1!	545	8	2!	68	134	0!	-85	212	3!	-71	149	4!	
80!	LMP2!	618	7	2!	-102	254	1!	8	2	0!	96	222	7!	
81!	LMP3!	888	5	3!	-133	208	1!	184	397	7!	6	0	0!	
82!	LMP4!	674	4	3!	196	451	2!	-56	36	1!	-35	15	1!	
83!	ELP1!	917	5	15!	624	905	25!	50	6	1!	48	5	1!	
84!	ELP2!	555	4	1!	81	162	0!	-101	254	2!	10	2	0!	
85!	ELP3!	631	5	3!	-196	429	3!	-20	5	0!	47	25	1!	
86!	ELP4!	754	6	6!	-163	210	2!	160	204	7!	-183	265	21!	
87!	ELP5!	859	4	6!	-309	524	5!	-171	160	6!	152	126	10!	
88!	LPG1!	936	3	22!	849	840	33!	268	84	11!	-33	1	0!	
89!	LPG2!	852	5	8!	424	833	11!	57	15	1!	-22	2	0!	
90!	LPG3!	713	7	9!	-331	607	10!	-122	83	5!	-46	12	2!	
91!	LPG4!	676	6	4!	-244	638	4!	1	0	0!	59	37	2!	
92!	LPG5!	468	4	7!	-330	423	5!	-89	31	1!	57	13	1!	
93!	ARB0!	403	23	0!	16	131	0!	17	150	0!	-15	114	1!	
94!	ARB1!	403	2	5!	-221	131	1!	-236	150	4!	206	114	7!	
95!	DTG0!	807	20	2!	82	469	2!	-20	29	0!	50	174	5!	
96!	DTG1!	807	5	8!	-328	469	7!	82	29	2!	-200	174	20!	
97!	DTT0!	910	16	7!	208	752	9!	21	8	0!	51	46	4!	
98!	DTT1!	931	5	7!	-377	727	9!	-118	72	3!	-23	3	0!	
99!	DTT2!	739	4	9!	-435	563	10!	53	9	0!	-192	110	14!	
100!	DCT0!	951	13	11!	307	836	17!	36	11	1!	57	28	4!	

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

I	I1	Q	L	T	P	O	I	D	I	N	R	1#F	C	O	R	C	T	R	2#F	C	O	R	C	T	R	3#F	C	O	R	C	T	R
101	DCT1	833	5	51	-294	628	51	-165	199	61	26	5	01																			
102	DCT2	722	3	81	-466	668	91	21	1	01	-28	2	01																			
103	DCT3	802	3	101	-426	412	71	78	14	11	-271	166	221																			
104	DPC0	949	6	131	483	717	171	252	195	161	41	5	11																			
105	DPC1	569	5	31	-52	36	01	-150	303	51	125	210	81																			
106	DPC2	679	6	41	-122	191	11	123	194	41	-24	8	01																			
107	DPC3	863	4	61	-256	308	31	-335	528	201	-3	0	01																			
108	DPC4	603	4	31	-176	298	21	-29	8	01	-173	285	121																			
109	PCG0	851	6	171	524	672	211	258	163	181	-78	15	31																			
110	PCG1	250	5	31	-117	170	11	28	10	01	-43	23	11																			
111	PCG2	315	4	11	-69	146	01	-48	69	01	57	100	11																			
112	PCG3	885	4	41	-281	630	51	-169	227	61	59	28	21																			
113	PCG4	482	5	41	-179	272	21	-146	181	51	35	10	11																			
114	FEU0	927	16	61	181	721	71	-72	113	41	-65	93	71																			
115	FEU1	927	8	121	-374	721	151	148	113	81	134	93	151																			
116	DEP0	800	20	21	98	646	31	47	150	21	-8	4	01																			
117	DEP1	800	4	111	-489	646	131	-235	150	111	38	4	11																			
118	SEN1	841	15	11	24	62	01	-8	7	01	-85	761	111																			
119	SEN2	841	9	21	-40	62	01	13	7	01	138	761	181																			
120	ACH1	581	12	41	-127	402	31	47	55	11	58	84	41																			
121	ACH2	808	4	111	-175	90	21	-495	716	481	18	1	01																			
122	ACH3	882	8	81	272	547	81	185	254	131	-93	64	71																			
123	FON1	926	10	91	-325	849	141	86	59	31	46	17	21																			
124	FON2	952	9	141	409	827	211	-96	46	41	-95	44	81																			
125	FON3	388	6	41	-123	160	11	13	2	01	78	65	31																			
126	SPE0	771	21	11	54	465	11	28	128	11	-25	99	11																			
127	SPE1	771	3	71	-373	465	61	-196	128	61	172	99	91																			
128	DVL0	950	7	81	220	314	41	-231	346	161	-211	289	301																			
129	DVL1	949	4	81	-370	591	81	-274	323	151	-46	9	11																			
130	DVL2	963	4	41	112	91	11	38	10	01	345	861	511																			
131	DVL3	286	5	11	4	1	01	44	96	01	-1	0	01																			
132	DVL4	961	4	101	-71	16	01	549	942	601	29	3	01																			
133	VLG0	907	7	81	114	82	11	-308	604	301	-185	218	241																			
134	VLG1	586	4	41	-23	3	01	-290	526	151	83	44	31																			
135	VLG2	802	5	31	5	0	01	-27	10	01	237	758	301																			
136	VLG3	496	4	31	-97	83	01	102	92	21	-43	16	11																			
137	VLG4	898	5	171	-73	12	01	604	803	831	-25	1	01																			
138	HIS1	971	11	41	-210	873	71	32	20	11	17	6	01																			
139	HIS2	868	6	81	-359	654	101	-107	58	31	155	123	141																			
140	HIS3	982	7	221	606	922	361	33	3	01	-147	54	161																			
141	DVC0	924	16	31	121	694	31	-37	64	11	-55	147	51																			
142	DVC1	653	4	21	-27	14	01	14	4	01	35	24	11																			
143	DVC2	899	4	101	-492	687	121	143	58	41	200	113	151																			
I	I				10001			10001			10001		10001																			

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

I	J1	I	QLT	POID	INR	I	1#F	COR	CTR	I	2#F	COR	CTR	I	3#F	COR	CTR
1	VMV0	1	999	40	106	1	590	985	187	1	-35	3	2	1	59	10	14
2	VMV1	1	771	53	29	1	92	116	6	1	171	403	73	1	-111	170	67
3	VMV2	1	710	57	42	1	-193	380	28	1	145	214	55	1	20	4	2
4	VMV3	1	550	52	33	1	-175	359	21	1	-72	60	12	1	34	13	6
5	VMV4	1	915	48	48	1	-177	237	20	1	-253	487	145	1	14	2	1
6	VCI0	1	999	40	106	1	590	985	187	1	-35	3	2	1	59	10	14
7	VCI1	1	770	45	55	1	-55	19	2	1	315	609	208	1	-26	4	3
8	VCI2	1	439	50	25	1	-143	309	14	1	78	93	14	1	45	30	10
9	VCI3	1	539	63	25	1	-113	248	11	1	-37	26	4	1	-17	6	2
10	VCI4	1	833	52	45	1	-132	149	12	1	-278	666	187	1	-45	18	11
11	VMA0	1	999	40	106	1	590	985	187	1	-35	3	2	1	59	10	14
12	VMA1	1	670	50	33	1	132	199	12	1	81	74	15	1	-180	368	165
13	VMA2	1	773	57	32	1	-140	261	15	1	20	5	1	1	-143	273	118
14	VMA3	1	667	70	39	1	-182	445	31	1	53	37	9	1	113	171	91
15	VMA4	1	808	33	57	1	-286	359	37	1	-224	220	78	1	206	187	145
16	VMI0	1	999	40	106	1	590	985	187	1	-35	3	2	1	59	10	14
17	VMI1	1	772	77	42	1	-150	309	23	1	169	392	102	1	69	66	37
18	VMI2	1	485	80	29	1	-135	374	20	1	-21	9	2	1	51	54	21
19	VMI3	1	835	53	42	1	-25	6	0	1	-186	332	86	1	-220	467	263
20	VMI4	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
I	I				1000	I			1000	I			1000	I			1000

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

AXE HORIZONTAL(1)--AXE VERTICAL(2)--TITRE:AFC SUR SSBURT

NOMBRE DE POINTS : 143

==ECHELLE : 4 CARACTERE(S) = .100 1 LIGNE = .042

```

+-----VLG4+-----+ 0 01
|          DVL4|          | 0 01
| C105          |          | 1 01
|          |          | 0 01
|          |          | 0 01
|          |          | 0 01
|          |          | 0 01
|          |          | 1 01
|          DEO5 |          | 0 01
|          DGE2 |          | 0 01
|          LAC4VOI4 |          | 0 01
|          GEG1 |          | 0 01
|          LUC3  LMP3DEO4|          | 2 01
| DVC2CVO3      DPC2LAR4LAD2LON2          | 1 01
| DCT3C103      VLG3EUG1LUC1LAC1          | 8 01
| DTT2DHG1      PCG1      DEU1EUG3      DCT0LPG2      ELP1          |11 01
| DCT2LAR3LUC4VOI2DEU3ARB0LAR2DTT0-----VOI1-----+ 8 01
|          LAC3DDH1EUG4PCG2DTG0DGE0LMP4          | 7 01
| LON4LPG5      LAD3      LAD1LAC2          FON2          | 7 01
| C104CVO2      DEU4AFG1LUC2          | 6 01
|          ELP5PCG4DPC1VOI3          LAR1          C101| 3 01
|          C102      AHG1DEF2|          | 2 01
| DEP1      DAH1          |      EOG2DVL0          | 1 01
|          DVL1          VLG1|          VLG0          | 0 01
|          DPC3EOG1          |          | 0 01
|          EFG2HAF1          |          DEO2          | 0 01
|          |          |          | 0 01
|          |          |          | 0 01
|          |          |          | 0 01
|          ACH2          |          | 0 01
+-----+-----+ 0 01

```

NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 58

CVO5(C105)	EOG5(DEO5)	ELP4(LMP3)	FEU1(LUC3)	EOG3(LAD2)	EFG0(LUC1)
DEO3(LUC1)	EOG4(EUG1)	DDH0(LUC1)	DHG0(LAC1)	DAH0(LUC1)	DTG1(C103)
FON1(C103)	DEU2(DEU1)	DEF0(EUG3)	HAF2(DEU1)	AHG0(DEU1)	DEP0(EUG3)
ACH1(PCG1)	SPE0(DEU1)	DVL2(EUG3)	DVL3(DEU1)	HIS1(PCG1)	HIS3(ELP1)
AFG2(DEU3)	DDH2(DEU3)	LMP2(DEU3)	LPG4(LUC4)	SEN1(ARB0)	SEN2(DEU3)
FON3(VOI2)	DVC1(DEU3)	DGE1(LAC3)	DEF1(LAC3)	EFG1(LAC3)	ELP3(EUG4)
DPC4(EUG4)	VLG2(DTG0)	DVC0(DGE0)	GEG0(LAD1)	DEO1(LAD3)	DDH3(LAC2)
DHG2(LAD1)	LMP1(LAD1)	ELP2(LAD1)	FEU0(LAC2)	CVO4(C104)	EUG2(DEU4)
DHG3(AFG1)	LPG3(CVO2)	DTT1(CVO2)	HIS2(CVO2)	CVO1(C101)	DCT1(ELP5)
PCG3(ELP5)	LON3(C102)	SPE1(C102)	ARB1(DAH1)		

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

ANNEXE 20

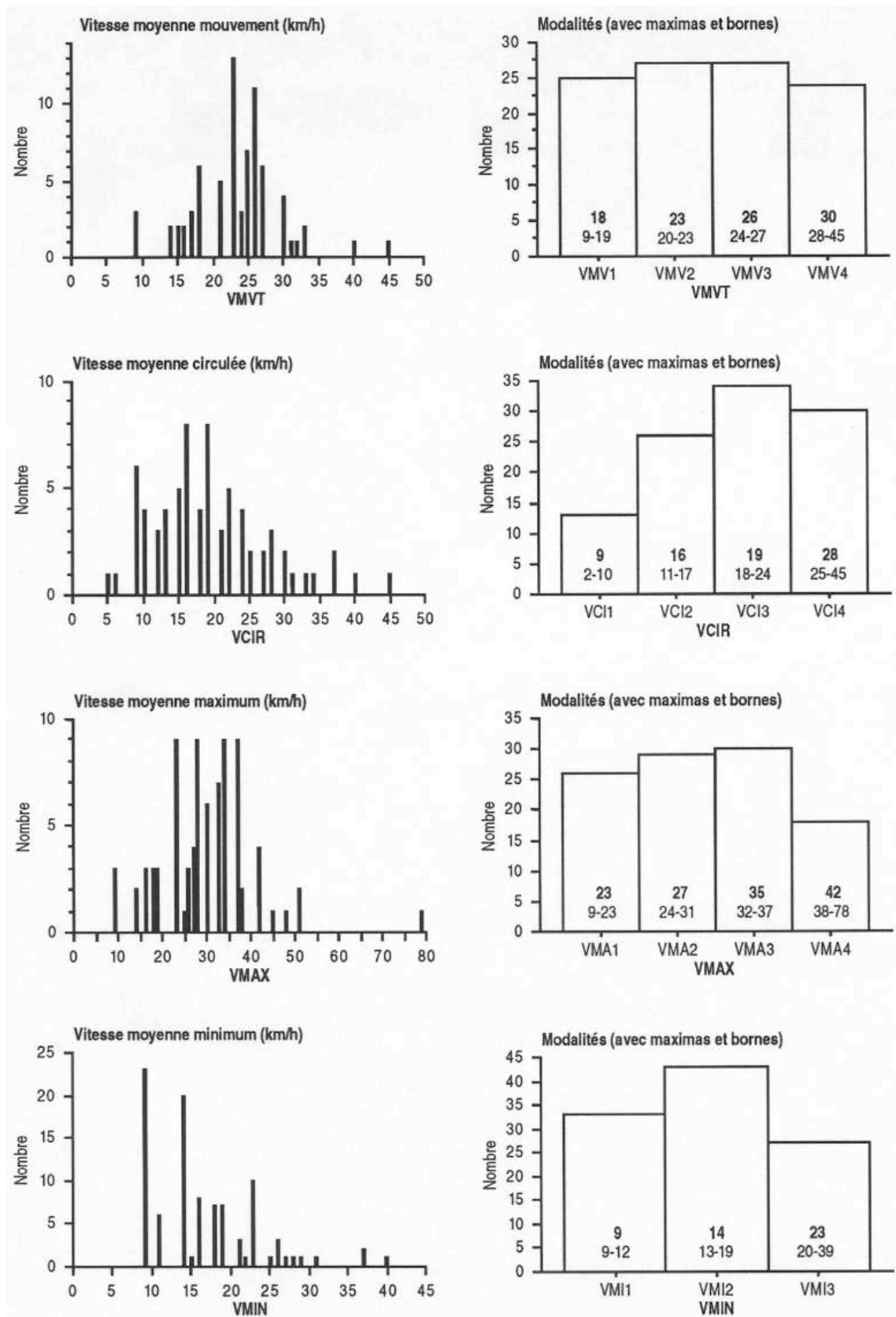
Histogrammes des variables après élimination des tronçons.

De même que pour l'annexe 13, les 13 planches constituant l'annexe 20 comportent chacune quatre paires d'histogrammes.

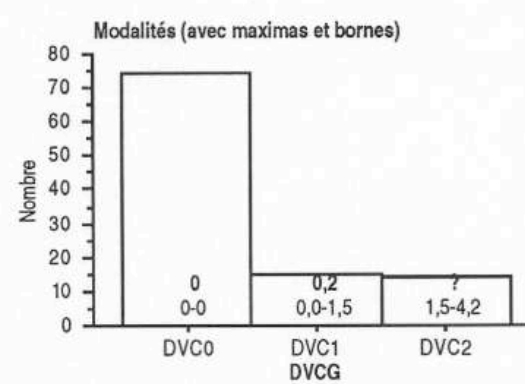
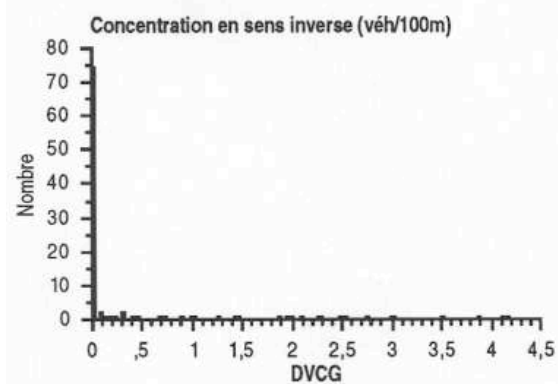
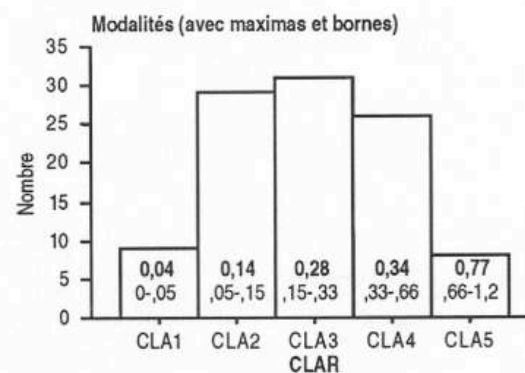
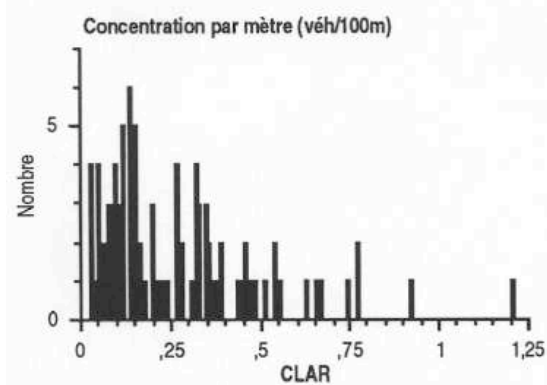
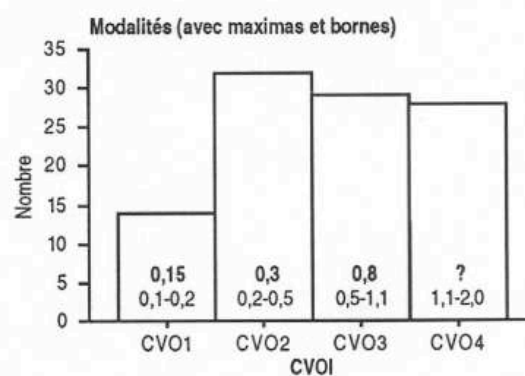
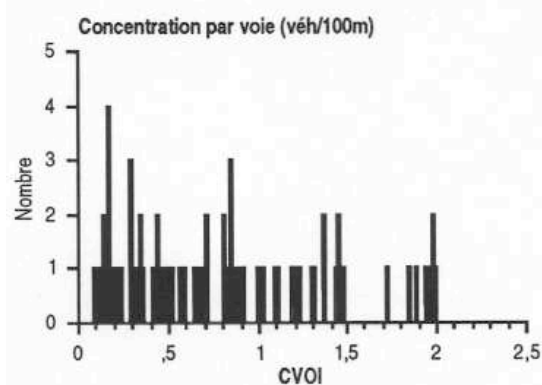
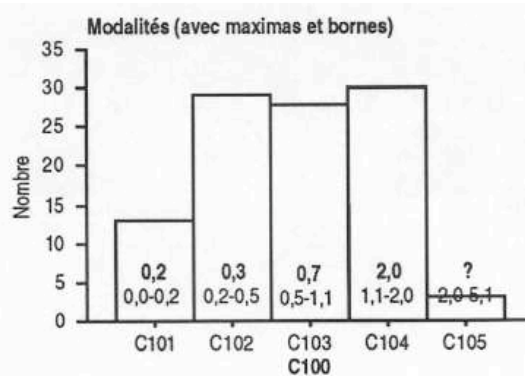
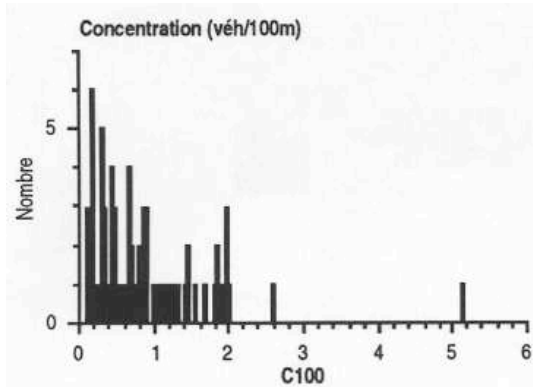
Chaque paire d'histogrammes correspond à une variable, plus exactement à la répartition des effectifs (103 tronçons) en fonction de la valeur prise par la variable :

- l'histogramme de gauche est celui de la variable "brute", prenant les valeurs telles qu'elles ont été calculées à partir des données recueillies ;

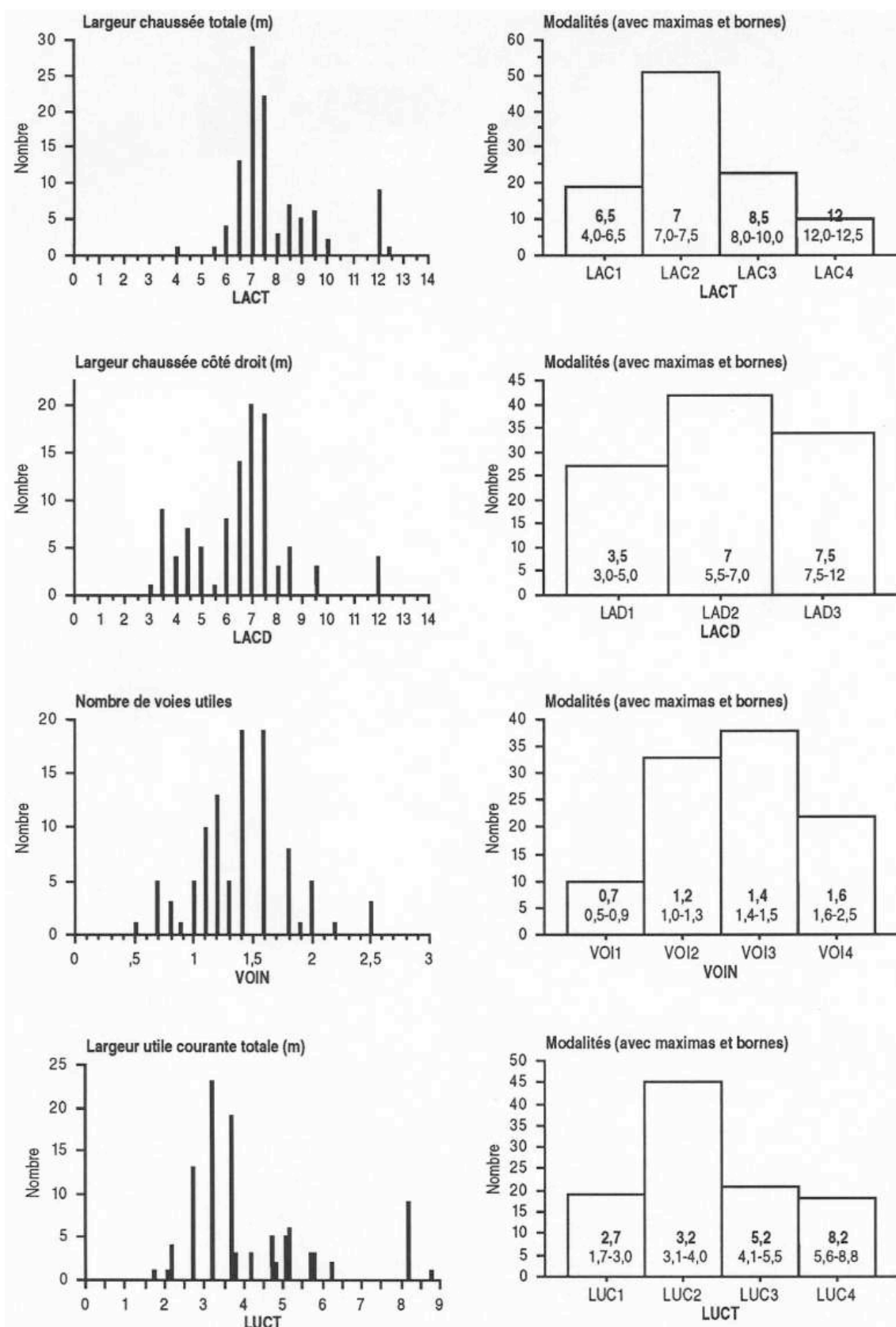
- l'histogramme de droite est celui de la variable recodée suivant les besoins de l'analyse des correspondances multiples : les mêmes découpages qu'en annexe 13 ont été retenus ; on a simplement éliminé les tronçons caractérisés par des valeurs de concentration de trafic extrêmes : ceux "où il ne se passe rien" (VCI0) et ceux où la concentration est "très élevée" (i.e. supérieure à une moyenne de 2 véh/100 m de voie). Comme dans l'annexe 13, chacune des barres constituant un histogramme comporte trois valeurs : les bornes de la classe et le maximum ("pic" le plus important).



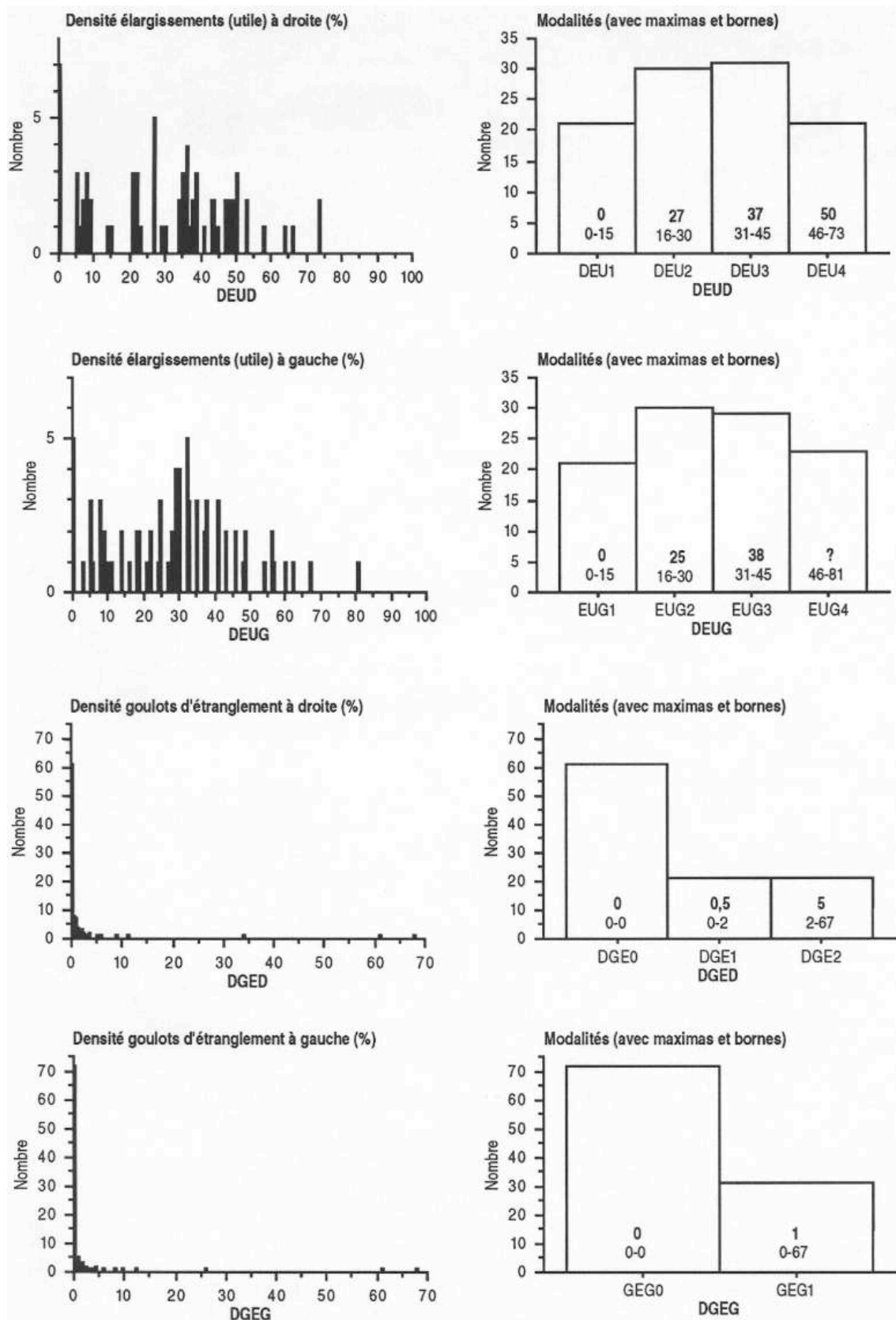
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



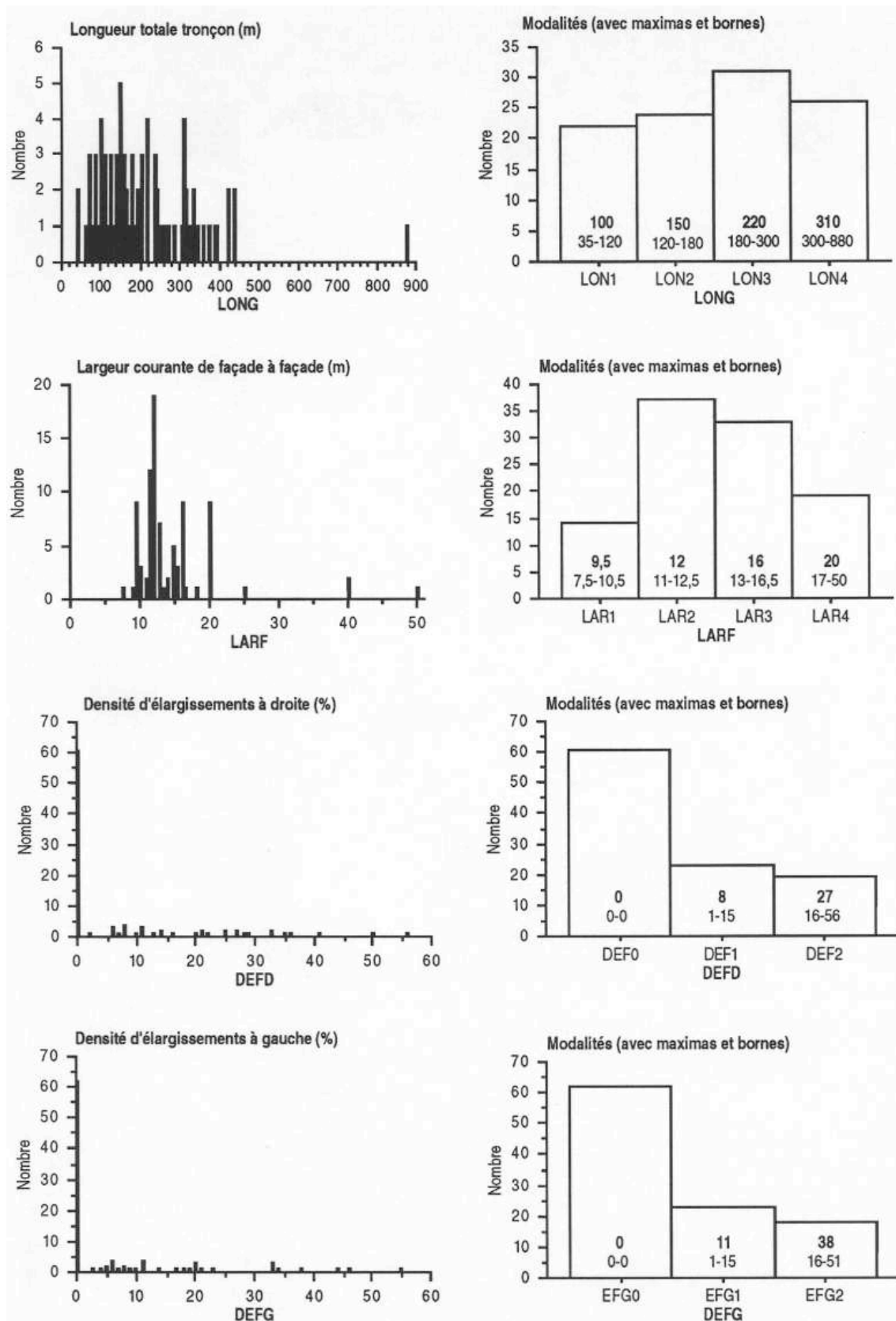
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



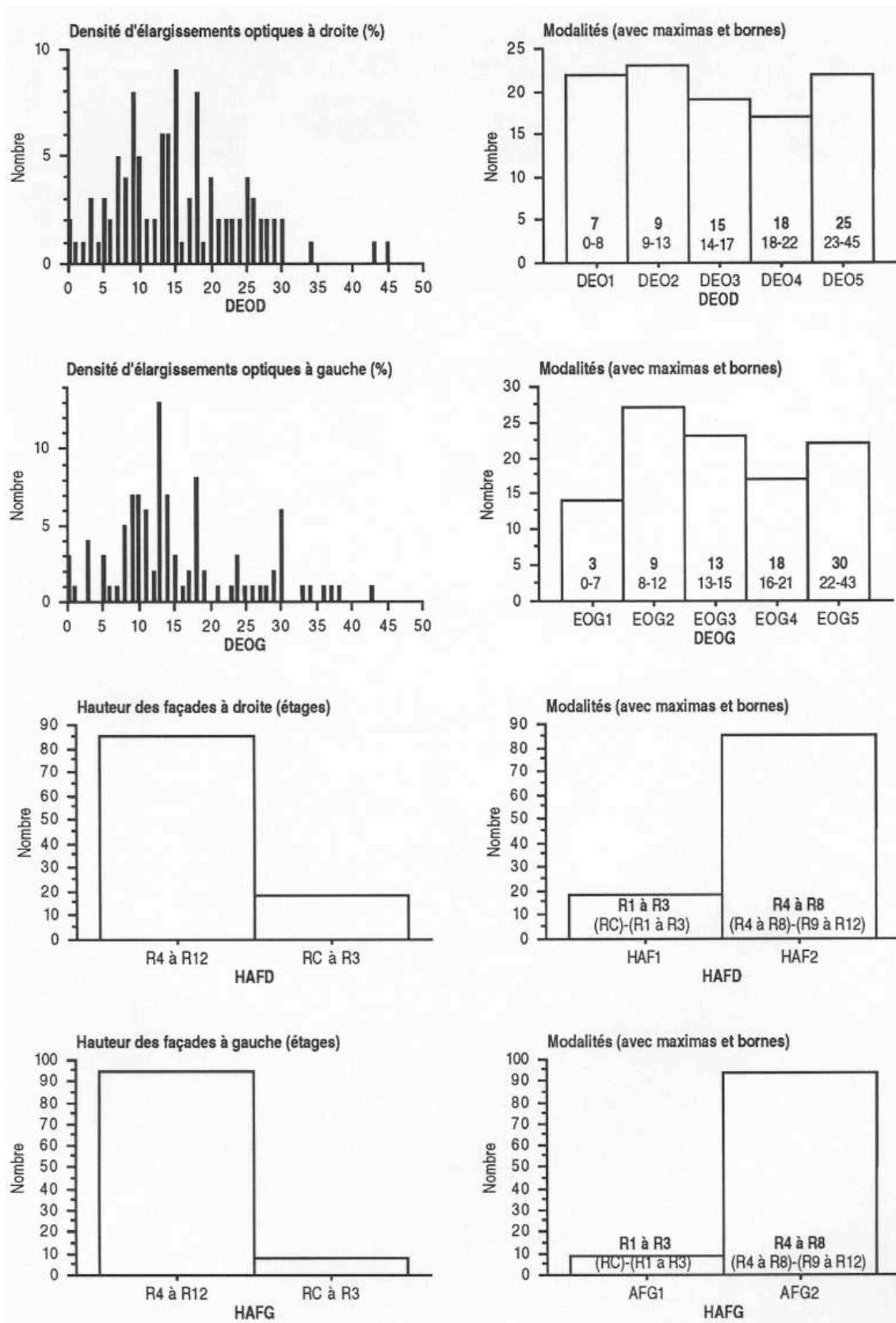
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



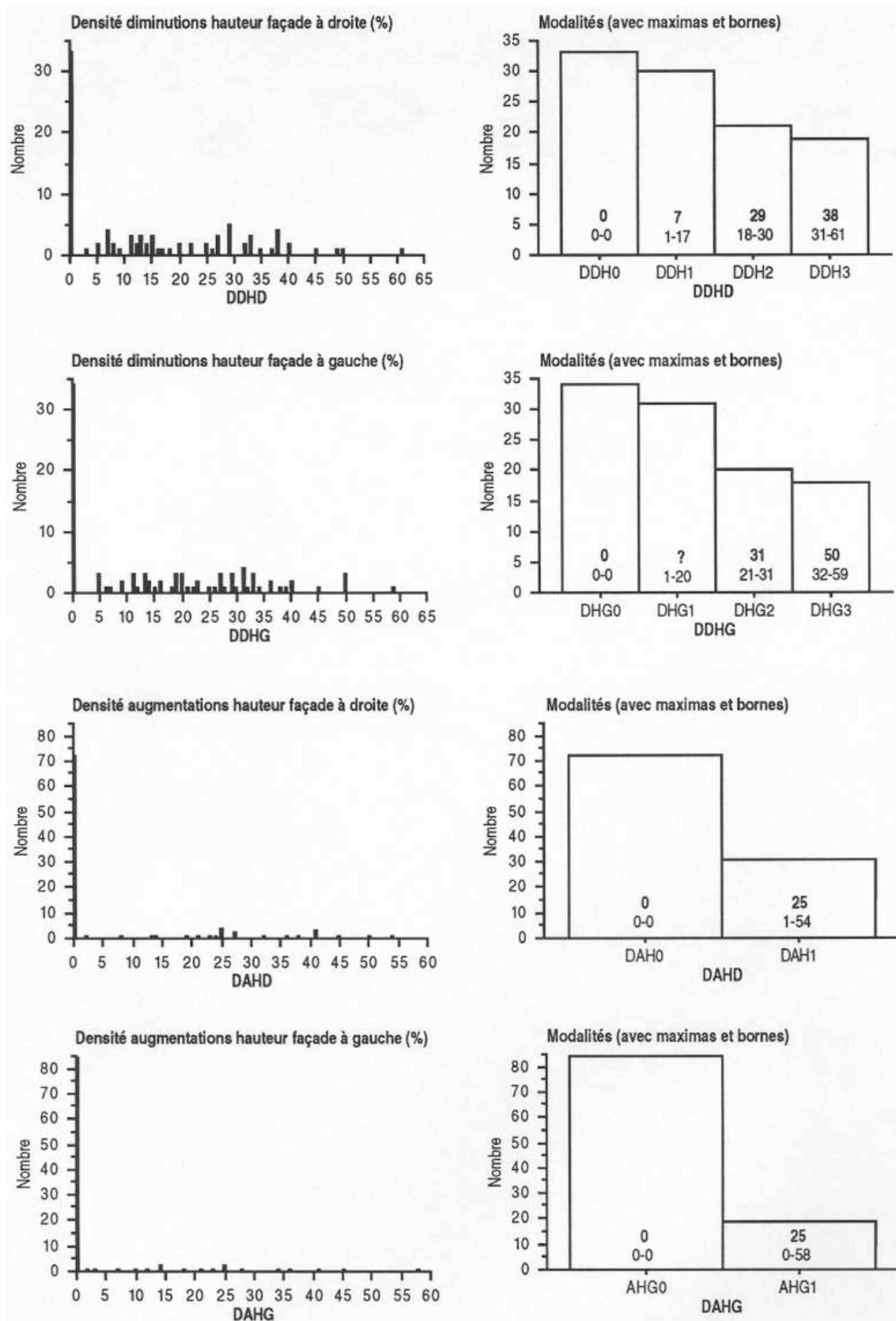
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



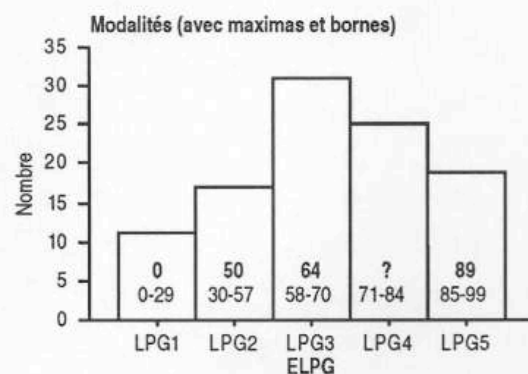
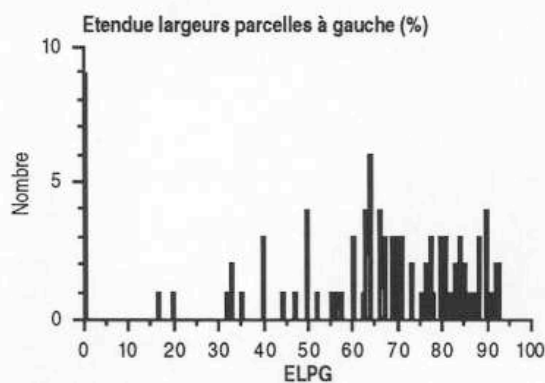
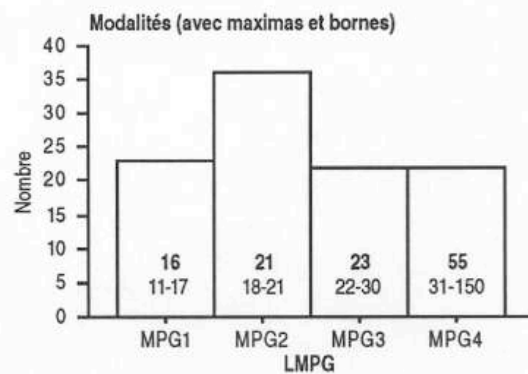
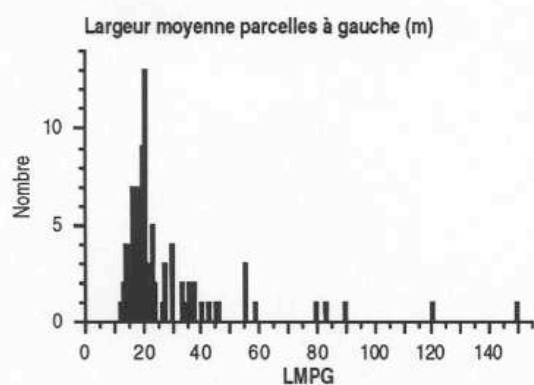
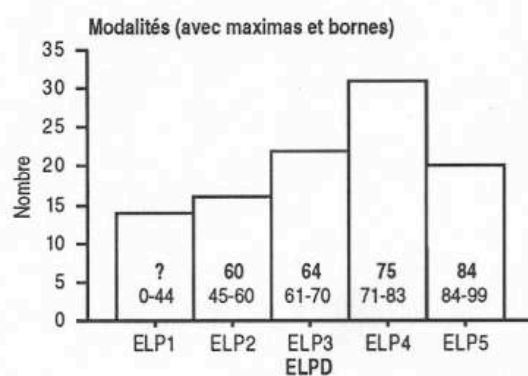
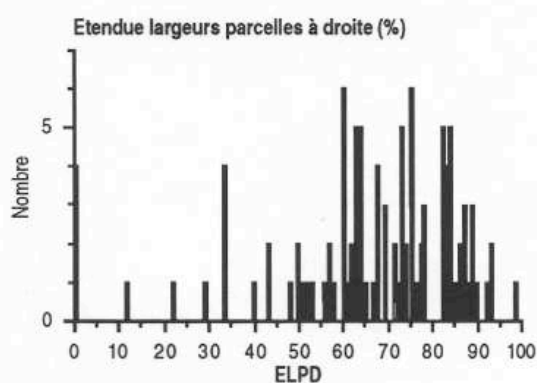
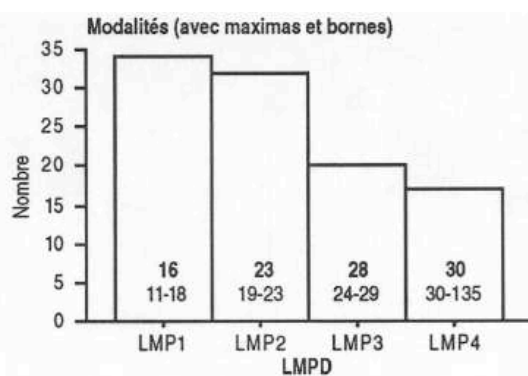
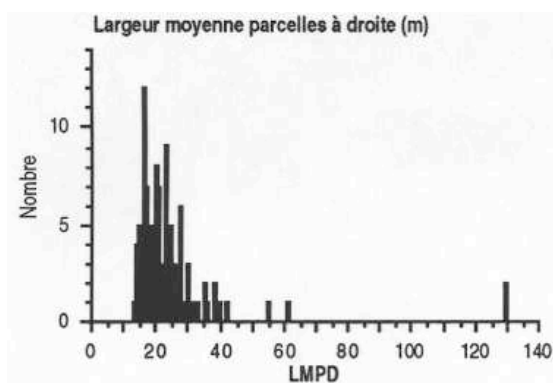
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



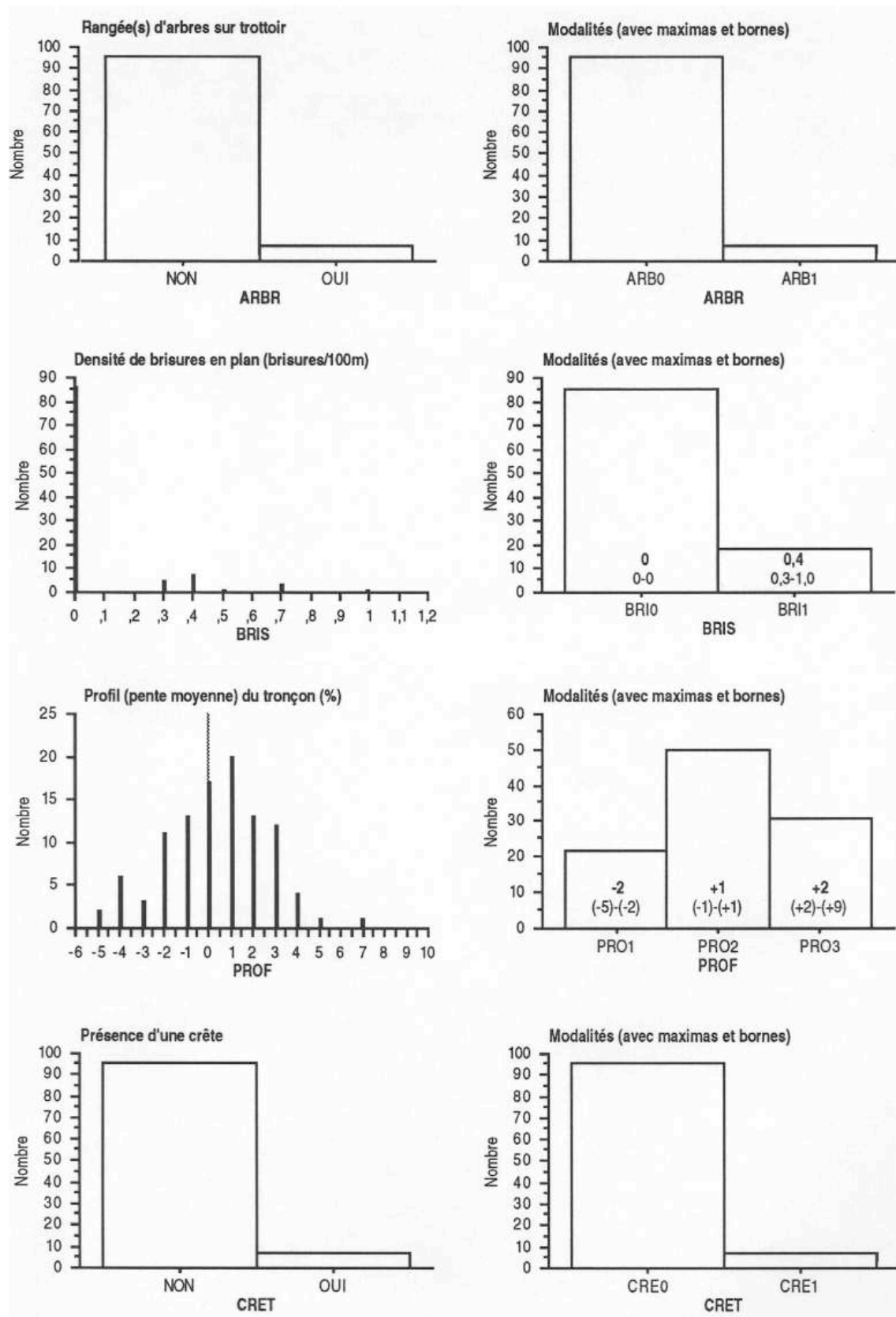
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



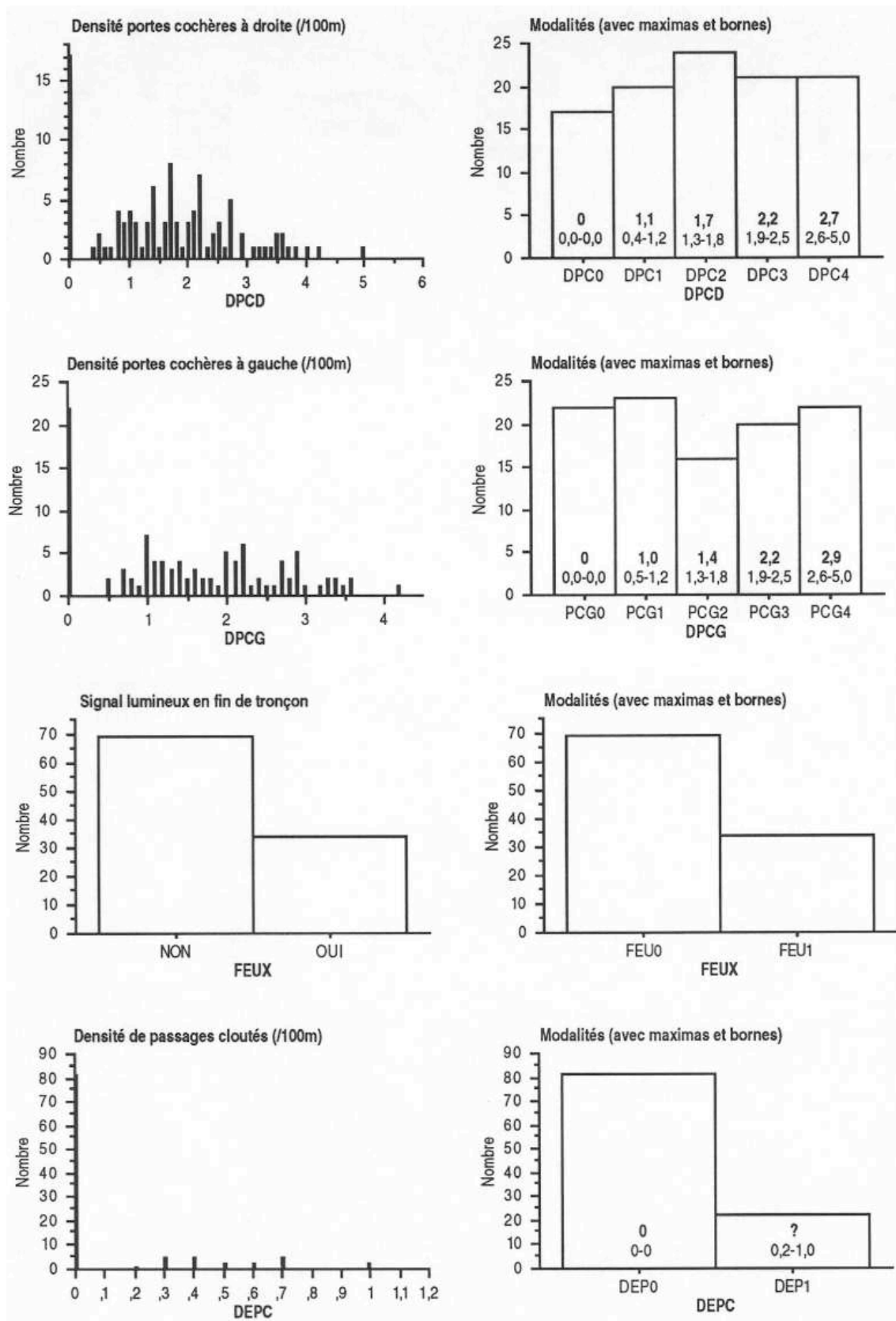
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



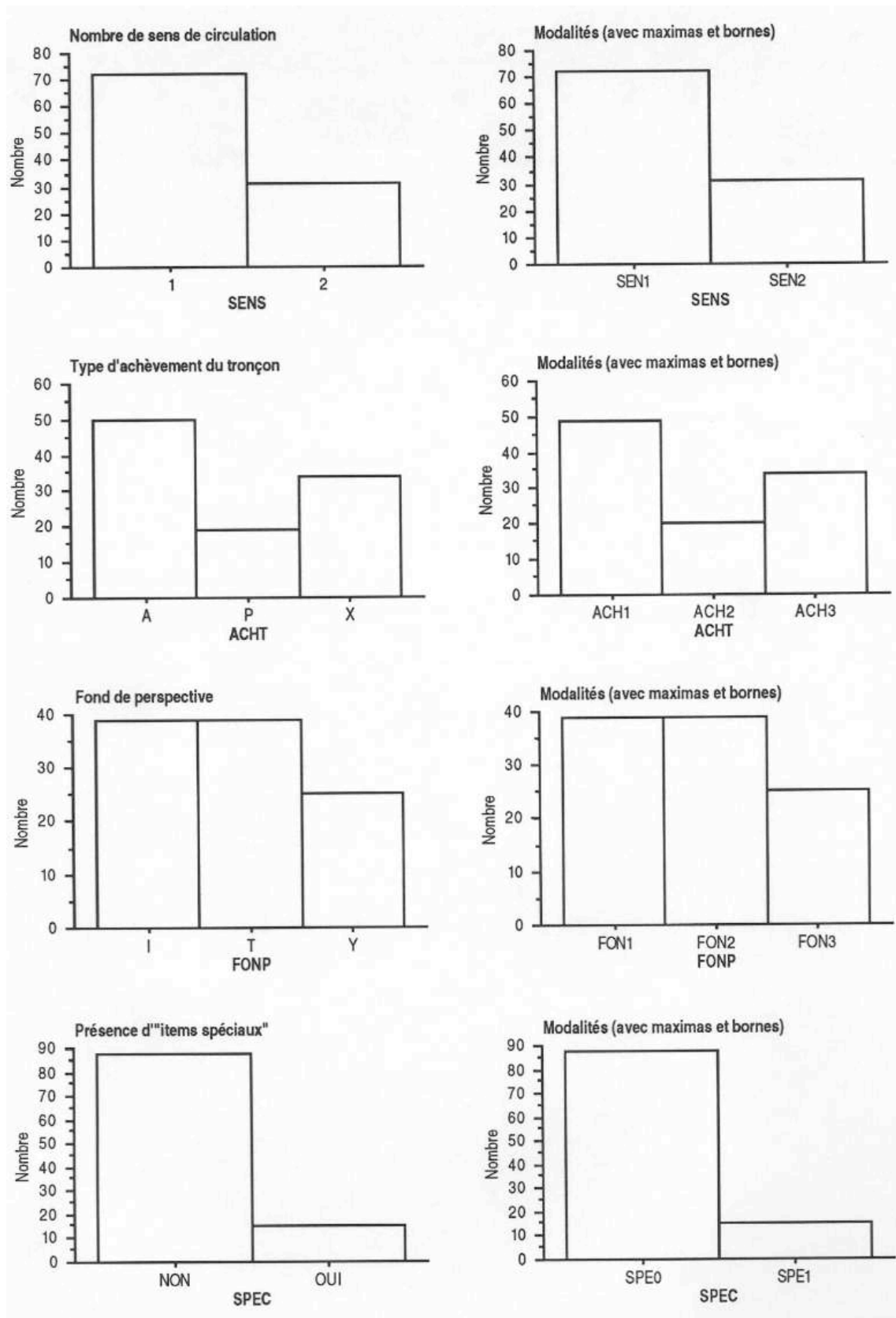
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



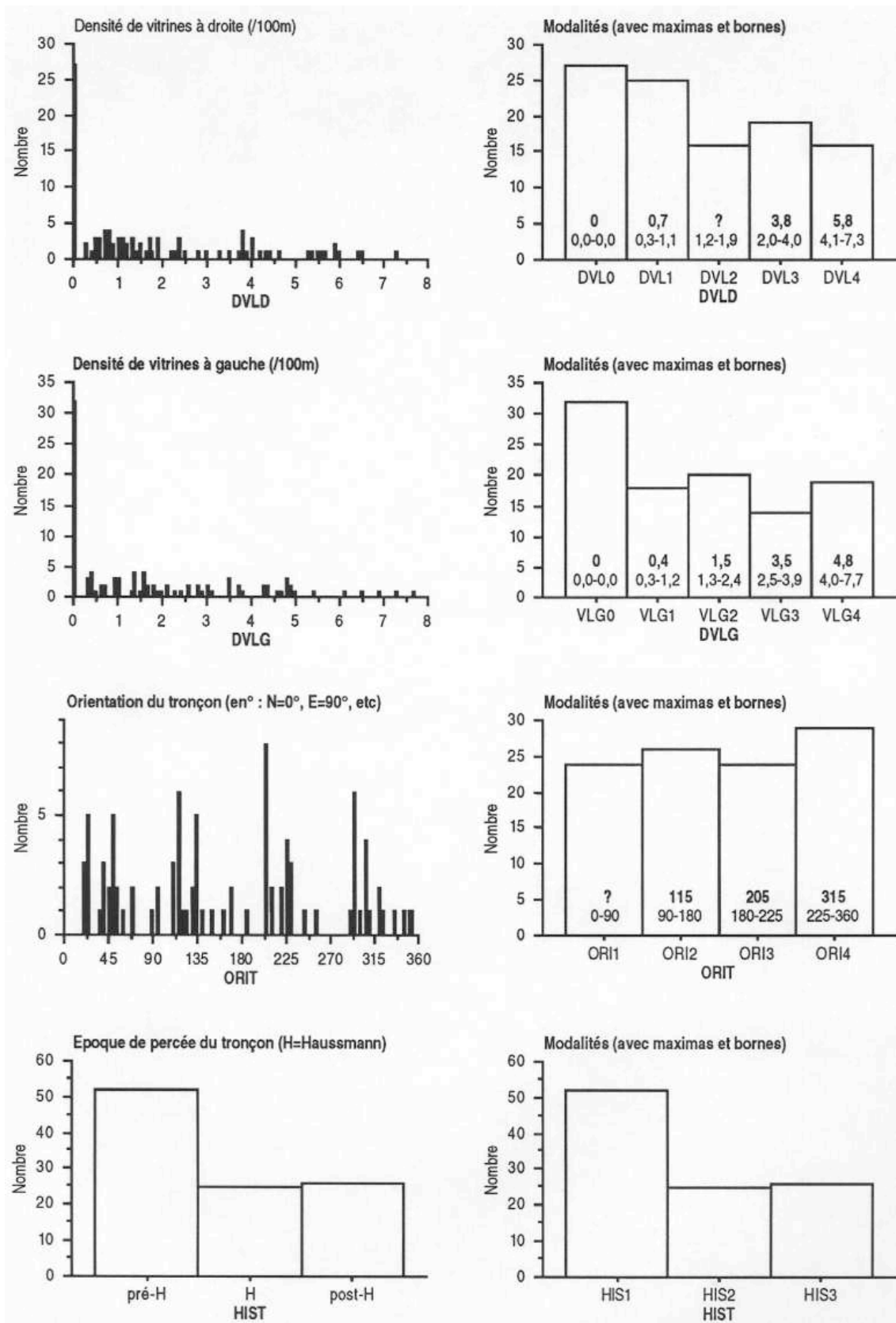
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



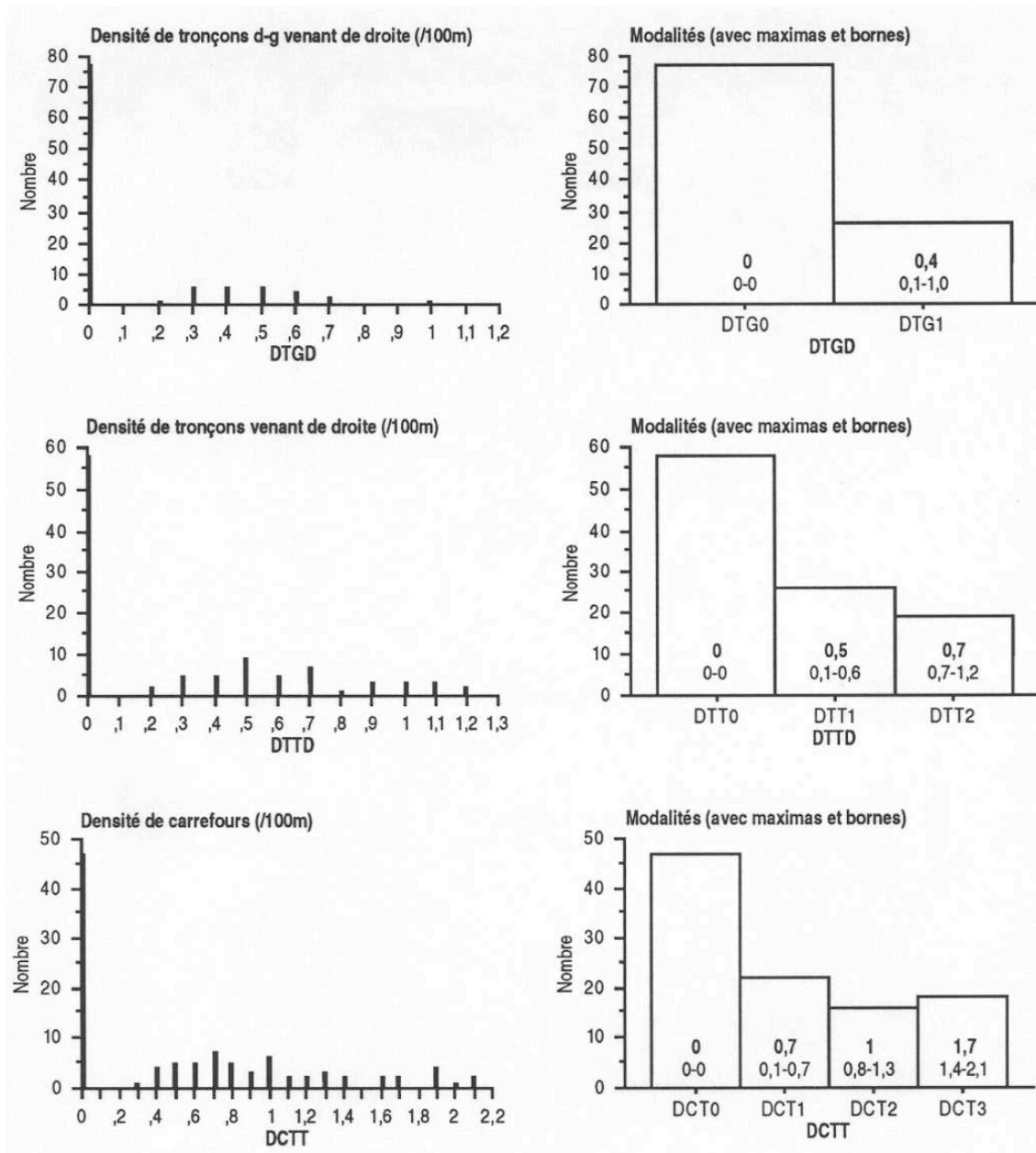
(Source : Vaclav Stransky, 1995)



(Source : Vaclav Stransky, 1995)



(Source : Vaclav Stransky, 1995)



(Source : Vaclav Stransky, 1995)

ANNEXE 21

Analyse des correspondances multiples de la bande de Burt (après élimination des tonçons caractérisés par VCI0 ou CVO5) croisant les 162 modalités des variables morphologiques et de contrôle avec les 15 modalités non nulles des vitesses (tableau de contingences multiples 162 x 15).

Dans cette annexe, nous présentons :

- Le diagramme des valeurs propres des 15 facteurs : 1 page.
- Le tableau des contributions relatives des 162 points-modalités de variables morphologiques et de contrôle (163 moins la modalité CVO5, éliminée) à l'inertie des trois premiers facteurs (CTR) et des contributions relatives de chacun de ces derniers à l'excentricité de chaque point-modalité de variable (COR) : 4 pages.
- Le tableau des contributions relatives des 15 points-modalités des vitesses (20 moins les quatre modalités nulles : VCI0, VMV0, VMA0, VMI0) à l'inertie des trois premiers facteurs (CTR) et des contributions relatives de chacun de ces derniers à l'excentricité de chaque point-modalité de variable (COR) : 1 page.
- La projection du nuage des points-modalités des variables morphologiques et de contrôle sur le premier plan factoriel : 1 page.
- La projection du nuage des points-modalités des variables morphologiques et de contrôle sur le premier plan des facteurs 3 et 4 : 1 page.
- La projection du nuage des points-modalités des vitesses sur le premier plan factoriel : 1 page.
- La projection du nuage des points-modalités des vitesses sur le plan des facteurs 3 et 4 : 1 page.


```

*****
*
*  B I B L I O T H E Q U E      A D D A D
*
*      MICRO      (VERSION 89)
*
* 06/03/89
*
*      11-02-94  11:32:06
*
*****

A D D A D  - 89 -

ANALYSE DES CORRESPONDANCES (ANCORR)
D'APRES : YAGOLNITZER ET TABET

INS.  1 - TITRE :
        AFC SUR SSBURT VITESSES SANS MOD0 NI CONCENTR FORTE

INS.  2 - PARAM (PARAMETRES GENERAUX) : NI,NJ,NF,NI2,NJ2,LECIJ,STFI,STFJ
        162   15   4   0   0   3   0   0

INS.  3 - OPTIONS : IOUT,IMPVP,IMPFI,IMPFI,NGR
        0   0   3   3   4

INS.  5 - GRAPHE (NGR DEMANDES DE GRAPHIQUES) : X,Y,GI,GJ,NCHAR,OPT,NPAGE,CADRE
        1 2104310 3 4104310 1 2014310 3 4014310

INS.  6 - LISTE (LECTURE DU TABLEAU DES DONNEES - A,F) :
        VMV1VMV2VMV3VMV4VCI1VCI2VCI3VCI4VMA1VMA2VMA3VMA4VMI1VMI2VMI3
        *
LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 ** -1
-----
NOMJ(J)!  VMV1  VMV2  VMV3  VMV4  VCI1  VCI2  VCI3  VCI4  VMA1  VMA2  VMA3
-----
PJ(J)  !    118    127    127    113    61    122    160    141    122    136    141
-----
LES POIDS DES LIGNES ET DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 ** -1
-----
NOMJ(J)!  VMA4  VMI1  VMI2  VMI3
-----
PJ(J)  !    85    155    202    127  1936
-----

LES VALEURS PROPRES      VAL(1)=  1.00000
-----
!NUM ! VAL PROPRE ! POURC. ! CUMUL !VARIAT. !*! HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES
-----
! 2 !      .02844 ! 31.362 ! 31.362 !***** !*!*****
! 3 !      .02117 ! 23.339 ! 54.701 ! 8.023 !*!*****
! 4 !      .01069 ! 11.789 ! 66.489 ! 11.550 !*!*****
! 5 !      .00783 ! 8.638 ! 75.127 ! 3.151 !*!*****
! 6 !      .00609 ! 6.717 ! 81.844 ! 1.921 !*!*****
! 7 !      .00495 ! 5.459 ! 87.303 ! 1.258 !*!*****
! 8 !      .00395 ! 4.354 ! 91.658 ! 1.105 !*!****
! 9 !      .00357 ! 3.934 ! 95.591 ! .420 !*!****
! 10 !     .00176 ! 1.938 ! 97.530 ! 1.996 !*!***
! 11 !     .00160 ! 1.766 ! 99.296 ! .172 !*!**
! 12 !     .00064 ! .704 !100.000 ! 1.062 !*!*
! 13 !     .00000 ! .000 !100.000 ! .704 !*!
! 14 !     .00000 ! .000 !100.000 ! .000 !*!
! 15 !     .00000 ! .000 !100.000 ! .000 !*!

```

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

! I1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
1!C101!	841	3	13!	460	464	20!	-355	277	16!	10	0	0!
2!C102!	906	6	11!	137	117	4!	-353	775	35!	-47	14	1!
3!C103!	794	6	6!	-84	81	1!	218	546	13!	-120	166	8!
4!C104!	932	6	12!	-271	425	16!	235	320	16!	166	160	16!
5!C105!	301	1	9!	175	24	1!	563	246	9!	-127	13	1!
6!CVO1!	890	3	14!	413	398	17!	-402	377	22!	-31	2	0!
7!CVO2!	811	7	6!	127	183	4!	-232	608	17!	-3	0	0!
8!CVO3!	749	6	6!	-39	18	0!	225	584	14!	-97	108	5!
9!CVO4!	900	6	12!	-311	498	20!	233	280	15!	119	73	8!
10!CLA1!	867	2	13!	258	102	4!	-527	422	24!	-364	202	23!
11!CLA2!	954	6	8!	235	445	12!	-241	469	16!	50	20	1!
12!CLA3!	564	6	1!	-74	281	1!	37	70	0!	-64	211	2!
13!CLA4!	840	5	11!	-187	198	7!	290	473	21!	173	168	15!
14!CLA5!	713	2	6!	-245	192	3!	382	466	11!	-85	23	1!
15!LAC1!	221	4	2!	108	208	2!	0	0	0!	26	12	0!
16!LAC2!	697	11	2!	43	98	1!	-91	432	4!	-4	1	0!
17!LAC3!	672	5	1!	-98	362	2!	-3	0	0!	13	6	0!
18!LAC4!	943	2	7!	-200	139	3!	471	770	22!	-61	13	1!
19!LAD1!	593	6	3!	-135	338	4!	19	6	0!	92	158	4!
20!LAD2!	675	9	5!	140	400	6!	28	15	0!	19	7	0!
21!LAD3!	710	7	2!	-66	135	1!	-49	74	1!	-97	293	6!
22!VOI1!	626	2	5!	155	115	2!	88	38	1!	46	10	0!
23!VOI2!	393	7	5!	-135	292	4!	3	0	0!	61	59	2!
24!VOI3!	809	8	5!	43	34	1!	-192	674	14!	12	3	0!
25!VOI4!	895	5	6!	58	28	1!	287	688	18!	-132	146	7!
26!LUC1!	221	4	2!	108	208	2!	0	0	0!	26	12	0!
27!LUC2!	563	9	3!	42	52	1!	-132	508	8!	8	2	0!
28!LUC3!	784	4	5!	63	38	1!	201	391	8!	-163	258	11!
29!LUC4!	836	4	6!	-292	548	11!	95	58	2!	142	130	7!
30!DEU1!	465	4	2!	79	126	1!	101	208	2!	-16	5	0!
31!DEU2!	643	6	5!	59	52	1!	88	116	2!	-4	0	0!
32!DEU3!	682	6	5!	-27	9	0!	-34	15	0!	22	7	0!
33!DEU4!	728	4	5!	-123	157	2!	-177	323	6!	-11	1	0!
34!EUG1!	647	4	4!	55	36	0!	173	353	6!	147	255	9!
35!EUG2!	767	6	8!	-95	75	2!	-74	45	2!	-250	518	36!
36!EUG3!	602	6	6!	193	412	8!	-49	27	1!	104	120	6!
37!EUG4!	598	5	4!	-169	406	5!	1	0	0!	60	52	2!
38!DGE0!	582	13	3!	-60	196	2!	-77	322	3!	34	63	1!
39!DGE1!	95	4	4!	-83	80	1!	28	9	0!	-20	5	0!
40!DGE2!	888	4	6!	256	530	10!	195	306	8!	-79	50	3!
41!GEG0!	900	15	3!	-29	40	0!	-129	791	12!	11	6	0!
42!GEG1!	900	6	8!	68	40	1!	300	791	27!	-26	6	0!
43!LAR1!	600	3	4!	-11	1	0!	-114	105	2!	247	494	16!
44!LAR2!	720	8	4!	46	41	1!	-73	103	2!	-134	348	13!
45!LAR3!	775	7	2!	-67	206	1!	-11	5	0!	48	104	1!
46!LAR4!	762	4	4!	34	14	0!	245	735	11!	-3	0	0!
47!DEF0!	390	13	2!	28	55	0!	36	90	1!	-37	98	2!
48!DEF1!	554	5	7!	-116	98	2!	117	100	3!	-3	0	0!
49!DEF2!	787	4	5!	50	21	0!	-255	526	12!	123	123	6!
50!EFG0!	610	13	4!	118	527	6!	12	5	0!	-45	76	2!

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

! I1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
51!EFG1!	466	5	7!	-41	13	0!	38	11	0!	236	423	25!
52!EFG2!	729	4	9!	-354	586	16!	-88	37	1!	-147	101	8!
53!DEO1!	747	5	5!	0	0	0!	-194	384	8!	140	198	8!
54!DEO2!	948	5	9!	-201	244	7!	-233	328	12!	228	314	23!
55!DEO3!	725	4	5!	-27	6	0!	223	407	9!	-141	162	7!
56!DEO4!	654	4	7!	109	63	1!	47	12	0!	-320	545	34!
57!DEO5!	835	5	5!	150	206	4!	208	400	9!	-9	1	0!
58!EOG1!	465	3	8!	-255	263	7!	-173	121	4!	106	45	3!
59!EOG2!	911	6	7!	-115	110	3!	-297	737	23!	78	51	3!
60!EOG3!	356	5	4!	165	326	5!	34	14	0!	-6	0	0!
61!EOG4!	679	4	5!	131	128	2!	211	329	7!	172	219	10!
62!EOG5!	643	5	13!	29	3	0!	276	297	16!	-290	327	36!
63!HAF1!	856	4	7!	-115	73	2!	-316	546	18!	58	18	1!
64!HAF2!	856	18	2!	24	73	0!	67	546	4!	-12	18	0!
65!AFG1!	458	2	4!	247	353	4!	-18	2	0!	113	74	2!
66!AFG2!	458	19	0!	-24	353	0!	2	2	0!	-11	74	0!
67!DDH0!	846	7	6!	233	695	13!	-69	62	2!	14	2	0!
68!DDH1!	923	6	3!	-146	438	5!	18	7	0!	40	34	1!
69!DDH2!	476	4	2!	-73	107	1!	47	44	0!	-42	36	1!
70!DDH3!	434	4	1!	-93	274	1!	40	52	0!	-41	53	1!
71!DHG0!	845	7	10!	276	573	19!	75	42	2!	122	111	10!
72!DHG1!	800	6	3!	-110	277	3!	-1	0	0!	-140	443	12!
73!DHG2!	800	4	4!	-173	325	4!	-83	74	1!	16	3	0!
74!DHG3!	393	4	3!	-139	275	3!	-47	32	0!	-6	1	0!
75!DAH0!	668	15	1!	42	194	1!	58	374	2!	-18	37	0!
76!DAH1!	668	6	3!	-98	194	2!	-136	374	6!	43	37	1!
77!AHG0!	834	17	1!	21	74	0!	12	22	0!	-60	594	6!
78!AHG1!	834	4	5!	-94	74	1!	-51	22	0!	267	594	26!
79!LON1!	817	5	13!	428	726	29!	40	6	0!	146	84	9!
80!LON2!	718	5	6!	240	544	10!	-24	6	0!	-133	168	8!
81!LON3!	727	6	14!	-326	546	24!	-109	61	4!	116	69	8!
82!LON4!	573	5	9!	-194	249	7!	118	92	4!	-139	127	10!
83!LMP1!	664	7	2!	-58	127	1!	-111	461	4!	-30	34	1!
84!LMP2!	494	7	3!	-92	181	2!	117	289	4!	-30	19	1!
85!LMP3!	597	4	4!	141	230	3!	46	24	0!	151	261	9!
86!LMP4!	631	4	2!	123	236	2!	-52	43	0!	-60	56	1!
87!ELP1!	799	3	6!	398	779	16!	-18	2	0!	46	10	1!
88!ELP2!	715	3	5!	-221	386	6!	-114	103	2!	-21	4	0!
89!ELP3!	832	5	6!	-120	111	2!	-44	15	0!	233	420	23!
90!ELP4!	893	6	8!	246	510	14!	54	25	1!	-129	139	10!
91!ELP5!	956	4	7!	-352	856	18!	69	33	1!	-72	36	2!
92!MPG1!	487	5	4!	54	38	0!	144	266	5!	44	25	1!
93!MPG2!	378	7	7!	-128	190	4!	-53	33	1!	-93	100	6!
94!MPG3!	839	5	10!	-193	184	6!	-349	600	26!	-15	1	0!
95!MPG4!	757	5	15!	345	398	19!	286	272	18!	120	48	6!
96!LPG1!	976	2	24!	887	825	63!	148	23	2!	345	124	25!
97!LPG2!	450	4	6!	188	243	4!	-105	76	2!	-125	108	5!
98!LPG3!	683	6	8!	-236	494	13!	-70	44	2!	-107	101	7!
99!LPG4!	406	5	4!	-166	375	5!	-5	0	0!	29	12	0!
100!LPG5!	274	4	5!	-77	51	1!	129	144	3!	48	20	1!

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

! I1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
101!ARB0!	581	20	0!	6	20	0!	-4	8	0!	-28	434	1!
102!ARB1!	581	1	6!	-83	20	0!	53	8	0!	389	434	20!
103!BRI0!	563	18	1!	-43	251	1!	-20	55	0!	38	198	2!
104!BRI1!	563	4	7!	202	251	5!	95	55	2!	-180	198	11!
105!PRO1!	738	5	6!	12	1	0!	-140	174	4!	-240	510	24!
106!PRO2!	899	10	1!	-15	25	0!	-42	197	1!	49	261	2!
107!PRO3!	628	6	4!	15	4	0!	167	455	8!	92	136	5!
108!CRE0!	381	20	1!	9	35	0!	-23	210	1!	-18	125	1!
109!CRE1!	381	1	8!	-130	35	1!	317	210	7!	245	125	8!
110!DTG0!	924	16	2!	9	6	0!	-10	8	0!	86	580	11!
111!DTG1!	924	5	7!	-26	6	0!	31	8	0!	-256	580	33!
112!DTT0!	780	12	5!	88	201	3!	-6	1	0!	145	552	24!
113!DTT1!	635	5	3!	-155	455	5!	8	1	0!	-97	178	5!
114!DTT2!	637	4	8!	-55	17	0!	7	0	0!	-311	552	35!
115!DCT0!	932	10	9!	185	418	12!	4	0	0!	203	502	37!
116!DCT1!	883	5	6!	-287	653	13!	-131	136	4!	-89	63	3!
117!DCT2!	684	3	5!	-192	282	4!	82	52	1!	-108	89	4!
118!DCT3!	737	4	8!	38	8	0!	77	32	1!	-324	564	37!
119!DPC0!	618	4	9!	293	379	11!	172	131	5!	-149	98	7!
120!DPC1!	783	4	6!	-221	378	7!	72	40	1!	-45	16	1!
121!DPC2!	468	5	3!	89	125	1!	33	17	0!	68	73	2!
122!DPC3!	714	4	6!	-256	547	10!	-141	166	4!	-9	1	0!
123!DPC4!	600	4	4!	129	217	3!	-104	142	2!	95	117	4!
124!PCG0!	915	5	22!	593	802	56!	132	40	4!	92	19	4!
125!PCG1!	666	5	6!	22	4	0!	57	29	1!	-160	230	11!
126!PCG2!	761	3	5!	-314	721	11!	-63	29	1!	22	4	0!
127!PCG3!	777	4	5!	-270	641	11!	-97	82	2!	73	47	2!
128!PCG4!	439	5	4!	-142	240	3!	-58	40	1!	-7	1	0!
129!FEU0!	869	14	6!	113	339	6!	-134	477	12!	1	0	0!
130!FEU1!	869	7	12!	-229	339	13!	272	477	25!	-1	0	0!
131!DEP0!	818	17	2!	92	682	5!	4	1	0!	-1	0	0!
132!DEP1!	818	5	8!	-337	682	18!	-15	1	0!	3	0	0!
133!SEN1!	723	15	2!	84	523	4!	-46	159	2!	-22	35	1!
134!SEN2!	723	6	5!	-196	523	9!	108	159	4!	51	35	2!
135!ACH1!	666	10	4!	-122	373	5!	65	107	2!	-1	0	0!
136!ACH2!	867	4	14!	-363	415	19!	-327	335	21!	46	7	1!
137!ACH3!	916	7	14!	389	857	37!	98	54	3!	-25	4	0!
138!FON1!	657	8	4!	-99	235	3!	105	262	4!	-27	17	1!
139!FON2!	779	8	8!	168	324	8!	-169	330	11!	-69	55	4!
140!FON3!	818	5	7!	-107	92	2!	101	81	2!	150	180	11!
141!SPE0!	662	18	2!	60	454	2!	-18	40	0!	-35	152	2!
142!SPE1!	662	3	9!	-352	454	13!	105	40	2!	203	152	12!
143!DVL0!	989	6	12!	110	59	2!	-433	926	49!	-29	4	0!
144!DVL1!	867	5	6!	-227	509	9!	-162	260	6!	68	46	2!
145!DVL2!	856	3	8!	-162	118	3!	400	718	25!	52	12	1!
146!DVL3!	259	4	4!	-12	1	0!	150	221	4!	-44	19	1!
147!DVL4!	937	3	12!	346	371	14!	406	511	26!	-58	10	1!
148!VLG0!	863	7	12!	15	1	0!	-365	845	42!	32	7	1!
149!VLG1!	612	4	6!	-228	329	7!	-109	75	2!	-47	14	1!
150!VLG2!	748	4	7!	-176	203	4!	266	465	14!	79	40	2!

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

!	I1	!	QLT	POID	INR	!	1#F	COR	CTR	!	2#F	COR	CTR	!	3#F	COR	CTR	!
151!	VLG3!		709		3	7!	-132	81	2!		79	29	1!	-303	427	25!		
152!	VLG4!		877		4	20!	474	479	31!		380	308	27!	131	37	6!		
153!	ORI1!		661		5	5!	96	112	2!		201	488	9!	2	0	0!		
154!	ORI2!		647		5	8!	-122	117	3!		-216	368	12!	-134	142	9!		
155!	ORI3!		567		5	3!	62	80	1!		7	1	0!	-100	210	5!		
156!	ORI4!		819		6	3!	-21	9	0!		22	9	0!	202	800	23!		
157!	HIS1!		380		11	2!	-37	94	1!		48	156	1!	44	130	2!		
158!	HIS2!		796		5	10!	-362	780	24!		47	13	1!	13	1	0!		
159!	HIS3!		936		5	13!	423	800	34!		-141	89	5!	-100	44	5!		
160!	DVC0!		767		15	2!	68	369	2!		-63	312	3!	-25	51	1!		
161!	DVC1!		947		3	3!	-27	9	0!		-46	25	0!	211	529	13!		
162!	DVC2!		818		3	10!	-330	331	11!		380	440	20!	-92	26	2!		
!	!					1000!			1000!				1000!			1000!		

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

!	J1	!	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
1!	VMV1!	943	61	94!	349	868	260!	-8	0	0!	98	68	54!	
2!	VMV2!	811	66	58!	-40	20	4!	161	323	80!	-129	206	102!	
3!	VMV3!	754	66	52!	-114	179	30!	24	8	2!	-92	117	52!	
4!	VMV4!	868	58	76!	-190	304	74!	-200	338	110!	146	181	117!	
5!	VCI1!	724	32	81!	336	485	125!	118	60	21!	63	17	12!	
6!	VCI2!	504	63	47!	6	1	0!	158	368	74!	48	34	14!	
7!	VCI3!	248	83	37!	-12	4	0!	-5	1	0!	-85	178	56!	
8!	VCI4!	803	73	55!	-137	273	48!	-182	487	114!	28	11	5!	
9!	VMA1!	910	63	105!	340	768	257!	-98	64	29!	80	43	38!	
10!	VMA2!	687	70	47!	22	8	1!	-36	21	4!	-187	572	229!	
11!	VMA3!	440	73	55!	-139	282	50!	103	153	36!	-18	5	2!	
12!	VMA4!	769	44	84!	-294	498	133!	29	5	2!	215	265	188!	
13!	VMI1!	638	80	58!	32	16	3!	192	559	139!	-14	3	1!	
14!	VMI2!	512	104	47!	-55	75	11!	68	115	23!	78	150	59!	
15!	VMI3!	935	66	104!	48	16	5!	-343	818	364!	-107	80	71!	
!	!			1000!			1000!			1000!			1000!	

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

AXE HORIZONTAL(1)--AXE VERTICAL(2)--TITRE:AFC SUR SSBURT VITESSES SANS MODO NI
CONCENTR FORTE

NOMBRE DE POINTS : 162

==ECHELLE : 4 CARACTERE(S) = .069 1 LIGNE = .029

```

+-----C105-----+ 0 01
!
!
! LAC4
!
! DVL2
! DVC2CLA5
!
! CRE1
! CLA4
! FEU1VLG2
CVO4C104
!
!
! LUC3DEO5DGE2
! PRO3EUG1
! LPG5DVL3MPG1
SPE1 LON4DEF1
! LUC4DCT2VLG3
ELP5 ACH1DDH2HAF2DEO4LMP3ELP4
! LAD1CLA3DEF0DPC2LAD2
DEP1----EUG4LAC3LAR3AHG0LAC1DCT0-----+13 01
! ELP3DEU3PRO2SPE0 AFG1 ELP1
PCG2LPG3 EUG2LAD3LAR2SEN1LMP4EUG3
EFG2PCG3DHG2 DGE0LAC2
LON3DCT1ELP2 GEG0LUC2 LPG2
! DPC3 DAH1 PRO1FEU0 HIS3
! EOG1 DEU4 ! FON2
! ORI2 VOI3
! DEO2 ! CVO2CLA2
! DEF2
! EOG2
ACH2 HAF1
! MPG3 ! C102 C101
! VLGO
! DVL0 CVO1
!
!
! CLA1
+-----+ 0 01

```

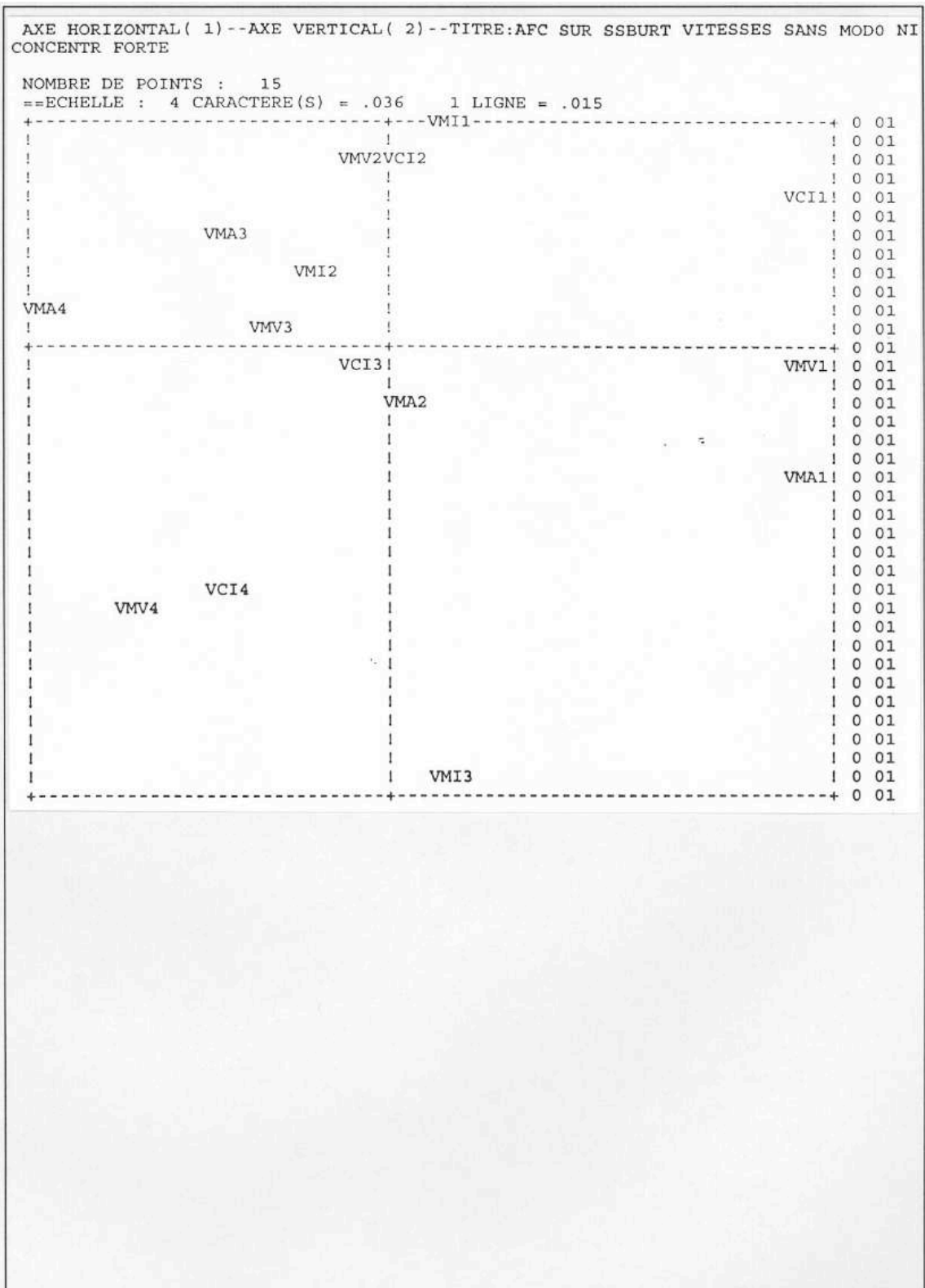
NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 51

GEG1 (VOI4)	CVO3 (C103)	DEO3 (C103)	EOG4 (DEO5)	ORI1 (LUC3)	LMP2 (DEF1)
SEN2 (LON4)	FON1 (DEF1)	FON3 (DEF1)	DPC1 (DCT2)	DAH0 (HAF2)	ARB1 (DDH2)
PCG1 (HAF2)	HIS1 (DDH2)	HIS2 (ELP5)	DGE1 (CLA3)	EFG1 (CLA3)	EOG3 (LAD2)
DDH1 (LAD1)	DDH3 (LAD1)	DTG1 (CLA3)	ORI4 (CLA3)	VOI2 (LAC3)	LUC1 (LAC1)
EFG0 (LAC1)	AFG2 (LAR3)	DHG1 (LAC3)	LPG4 (EUG4)	ARB0 (AHG0)	DTG0 (AHG0)
DTT0 (LAC1)	DTT1 (EUG4)	DTT2 (LAR3)	DEP0 (LAC1)	ORI3 (LAC1)	LON2 (AFG1)
BRI0 (DEU3)	CRE0 (PRO2)	DDH0 (EUG3)	DHG3 (EUG2)	AHG1 (EUG2)	MPG2 (EUG2)
PCG4 (EUG2)	DVC0 (SEN1)	DVC1 (LAD3)	LAR1 (LUC2)	LMP1 (GEG0)	DPC4 (LPG2)
VLG1 (DCT1)	DVL1 (EOG1)	DEO1 (VOI3)			

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

DEF1 (C101)	DEO5 (DEU4)	ELP2 (DEU4)	DEO1 (LUC4)	LAR3 (LAC3)	DPC4 (EUG4)
FEU1 (GEG1)	ACH1 (GEG1)	MPG2 (LAD3)	FON2 (LAC4)	DVL1 (LAD1)	DHG1 (VOI4)
LAR4 (CVO2)	EOG3 (CVO2)	HAF2 (CVO2)	LMP1 (DDH3)	DVL3 (DDH3)	ARB0 (DAH0)
SEN2 (BRI0)	HIS3 (DGE2)	LUC1 (LAC1)	DGE0 (LAC1)	LON2 (C103)	DPC3 (AFG2)
DVL0 (AFG2)	HIS1 (LAC1)	CLA3 (C102)	EUG1 (CLA4)	DGE1 (LUC2)	EFG0 (C102)
LON1 (CLA4)	LMP2 (C102)	CRE0 (LUC2)	SEN1 (LUC2)	ACH3 (LUC2)	SPE0 (C102)
DVC0 (LUC2)	PCG3 (EOG2)	DAH1 (CLA2)	ELP1 (CLA2)	DEP0 (FEU0)	DVL2 (CLA2)
VLG0 (CLA2)	ORI2 (DPC0)	ELP5 (CVO3)	LPG3 (CVO3)	DC11 (CVO3)	ORI1 (LAC2)
DEU1 (VOI3)	DHG3 (VOI3)	LON3 (CVO4)	BRI1 (LUC3)	MPG1 (LAD2)	DVL4 (DDH2)

498

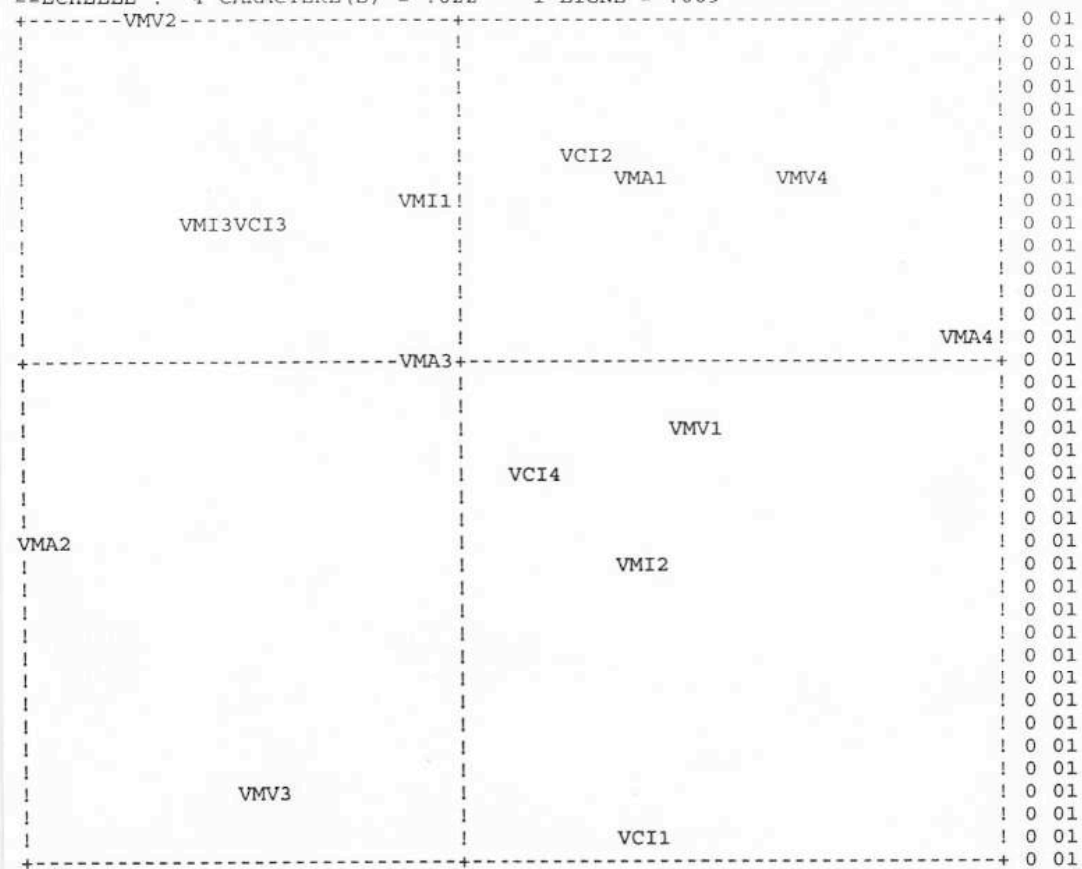


(Source : Vaclav Stransky, 1995)

AXE HORIZONTAL(3)--AXE VERTICAL(4)--TITRE:AFC SUR SSBURT VITESSES SANS MOD0 NI
CONCENTR FORTE

NOMBRE DE POINTS : 15

==ECHELLE : 4 CARACTERE(S) = .022 1 LIGNE = .009



(Source : Vaclav Stransky, 1995)

ANNEXE 22

Tableaux des tris croisés (en effectifs)

Cette annexe, constituée par 5 planches, donne l'ensemble des tableaux des tris croisés entre toutes les modalités des vitesses d'un côté, toutes les modalités des autres variables de l'autre.

Les tableaux présentés sont des tableaux d'effectifs : ainsi, la valeur dans une case donnée (croisement entre une ligne - une modalité d'une variable morphologique ou de contrôle - et une colonne - une modalité d'une vitesse) représente le nombre de tronçons caractérisés par ces deux modalités. On notera que ces valeurs n'étant pas exprimées en "probabilité de présence" (mais en effectifs, donc), le tableau présenté n'est donc pas à proprement parler la bande du tableau de Burt étudiée.

En marge de chaque planche, nous donnons les modalités des variables ainsi que les effectifs correspondants (par exemple, le nombre 25 juste sous VMV1 signifie que 25 tronçons - parmi les 103 constituant l'échantillon retenu - sont caractérisés par cette modalité).

Notons que du fait de l'équirépartition presque parfaite des tronçons entre différentes modalités de la variable VMVT, c'est sur cette dernière que nous raisonnons prioritairement (les sur-représentations et les sous-représentations étant plus facilement appréhendables que dans le cas d'une répartition inégale entre classes).

		VMV1	VMV2	VMV3	VMV4	VCI1	VCI2	VCI3	VCI4	VMA1	VMA2	VMA3	VMA4	VMI1	VMI2	VMI3
		25	27	27	24	13	26	34	30	26	29	30	18	33	43	27
C101	13	6	3	2	2	1	2	6	4	9	2	1	1	3	3	7
C102	29	8	5	6	10	5	5	9	10	10	11	5	3	5	9	15
C103	28	5	9	9	5	3	9	9	7	4	9	12	3	13	11	4
C104	30	5	8	10	7	3	8	10	9	3	5	11	11	12	17	1
C105	3	1	2	0	0	1	2	0	0	0	2	1	0	0	3	0
CVO1	14	6	3	2	3	1	2	7	4	9	3	1	1	3	3	8
CVO2	32	9	7	6	10	5	8	8	11	11	11	6	4	8	10	14
CVO3	29	6	9	9	5	5	8	9	7	4	9	13	3	13	12	4
CVO4	28	4	8	10	6	2	8	10	8	2	6	10	10	9	18	1
CLA1	9	2	3	2	2	0	1	6	2	5	3	1	0	1	1	7
CLA2	29	11	4	7	7	5	6	8	10	12	9	4	4	7	10	12
CLA3	31	6	8	9	8	3	8	11	9	6	10	11	4	11	13	7
CLA4	26	5	9	5	7	5	8	6	7	2	5	11	8	11	14	1
CLA5	8	1	3	4	0	0	3	3	2	1	2	3	2	3	5	0
LAC1	19	5	6	4	4	3	3	8	5	7	5	4	3	5	10	4
LAC2	51	15	9	15	12	7	12	16	16	13	15	15	8	15	19	17
LAC3	23	4	7	5	7	2	7	7	7	5	7	6	5	8	9	6
LAC4	10	1	5	3	1	1	4	3	2	1	2	5	2	5	5	0
LAD1	27	5	8	7	7	1	9	7	10	7	5	9	6	8	13	6
LAD2	42	14	8	12	8	9	7	15	11	12	13	10	7	16	17	9
LAD3	34	6	11	8	9	3	10	12	9	7	11	11	5	9	13	12
VOI1	10	3	4	1	2	1	4	2	3	4	1	4	1	5	2	3
VOI2	33	6	9	10	8	2	8	12	11	8	9	8	8	7	20	6
VOI3	38	11	5	11	11	6	7	12	13	10	11	11	6	10	13	15
VOI4	22	5	9	5	3	4	7	8	3	4	8	7	3	11	8	3
LUC1	19	5	6	4	4	3	3	8	5	7	5	4	3	5	10	4
LUC2	45	13	8	12	12	6	11	13	15	12	12	14	7	14	14	17
LUC3	21	5	7	8	1	3	5	9	4	5	8	5	3	8	10	3
LUC4	18	2	6	3	7	1	7	4	6	2	4	7	5	6	9	3
DEU1	21	6	6	5	4	5	6	5	5	4	7	7	3	7	9	5
DEU2	30	9	10	5	6	1	12	10	7	9	8	9	4	11	12	7
DEU3	31	7	4	14	6	5	5	11	10	8	9	7	7	9	15	7
DEU4	21	3	7	3	8	2	3	8	8	5	5	7	4	6	7	8
EUG1	21	6	6	5	4	5	7	5	4	5	4	6	6	8	9	4
EUG2	30	4	7	13	6	4	6	9	11	4	13	10	3	11	8	11
EUG3	29	12	6	5	6	2	8	11	8	12	7	6	4	8	14	7
EUG4	23	3	8	4	8	2	5	9	7	5	5	8	5	6	12	5

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

		VMV1	VMV2	VMV3	VMV4	VCI1	VCI2	VCI3	VCI4	VMA1	VMA2	VMA3	VMA4	VMI1	VMI2	VMI3
		25	27	27	24	13	26	34	30	26	29	30	18	33	43	27
DGE0	61	14	15	16	16	6	13	23	19	15	16	16	14	15	28	18
DGE1	21	4	5	6	6	2	8	3	8	4	7	8	2	8	8	5
DGE2	21	7	7	5	2	5	5	8	3	7	6	6	2	10	7	4
GEG0	72	16	16	19	21	10	14	23	25	18	21	20	13	18	30	24
GEG1	31	9	11	8	3	3	12	11	5	8	8	10	5	15	13	3
LAR1	14	3	3	3	5	3	2	4	5	5	1	4	4	4	6	4
LAR2	37	10	7	12	8	6	8	14	9	7	15	11	4	10	14	13
LAR3	33	7	10	7	9	2	9	11	11	9	8	9	7	11	14	8
LAR4	19	5	7	5	2	2	7	5	5	5	5	6	3	8	9	2
DEF0	61	16	16	18	11	7	16	19	19	16	18	20	7	19	28	14
DEF1	23	4	8	4	7	2	6	11	4	4	6	6	7	12	6	5
DEF2	19	5	3	5	6	4	4	4	7	6	5	4	4	2	9	8
EFG0	62	18	17	17	10	8	17	23	14	20	19	15	8	17	28	17
EFG1	23	6	5	4	8	5	7	4	7	5	2	10	6	9	8	6
EFG2	18	1	5	6	6	0	2	7	9	1	8	5	4	7	7	4
DEO1	22	6	4	5	7	1	7	7	7	8	3	6	5	5	8	9
DEO2	23	4	3	6	10	3	4	5	11	5	5	6	7	4	12	7
DEO3	19	4	5	8	2	3	4	7	5	3	7	6	3	10	7	2
DEO4	17	5	6	4	2	3	3	8	3	2	10	4	1	5	7	5
DEO5	22	6	9	4	3	3	8	7	4	8	4	8	2	9	9	4
EOG1	14	2	4	3	5	0	2	7	5	3	4	1	6	3	7	4
EOG2	27	5	4	8	10	3	5	7	12	7	6	8	6	5	10	12
EOG3	23	7	5	7	4	4	7	6	6	8	5	7	3	11	5	7
EOG4	17	7	3	3	4	3	7	4	3	4	4	6	3	8	7	2
EOG5	22	4	11	6	1	3	5	10	4	4	10	8	0	6	14	2
HAF1	18	4	2	6	6	2	3	3	10	4	6	5	3	2	9	7
HAF2	85	21	25	21	18	11	23	31	20	22	23	25	15	31	34	20
AFG1	9	4	1	3	1	1	2	4	2	4	2	1	2	3	4	2
AFG2	94	21	26	24	23	12	24	30	28	22	27	29	16	30	39	25
DDH0	33	13	6	9	5	5	7	10	11	13	10	7	3	10	14	9
DDH1	30	5	10	6	9	2	9	10	9	6	7	9	8	11	11	8
DDH2	21	4	6	6	5	4	5	6	6	3	7	8	3	5	11	5
DDH3	19	3	5	6	5	2	5	8	4	4	5	6	4	7	7	5
DHG0	34	15	6	9	4	7	10	10	7	13	10	5	6	10	18	6
DHG1	31	4	12	8	7	3	6	12	10	6	10	10	5	10	12	9
DHG2	20	3	6	4	7	1	5	7	7	4	4	7	5	8	5	7
DHG3	18	3	3	6	6	2	5	5	6	3	5	8	2	5	8	5

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

		VMV1	VMV2	VMV3	VMV4	VC11	VC12	VC13	VC14	VMA1	VMA2	VMA3	VMA4	VMI1	VMI2	VMI3
		25	27	27	24	13	26	34	30	26	29	30	18	33	43	27
DAH0	72	19	21	18	14	10	17	26	19	19	19	22	12	27	28	17
DAH1	31	6	6	9	10	3	9	8	11	7	10	8	6	6	15	10
AHG0	84	20	23	24	17	11	21	28	24	21	27	25	11	26	36	22
AHG1	19	5	4	3	7	2	5	6	6	5	2	5	7	7	7	5
LON1	22	11	5	2	4	5	6	6	5	11	5	6	0	6	12	4
LON2	24	8	7	6	3	5	4	9	6	8	9	4	3	10	6	8
LON3	31	3	6	12	10	1	9	8	13	5	5	13	8	3	19	9
LON4	26	3	9	7	7	2	7	11	6	2	10	7	7	14	6	6
LMP1	34	7	9	9	9	3	9	10	12	8	11	8	7	10	12	12
LMP2	32	7	10	9	6	3	6	14	9	6	8	12	6	11	16	5
LMP3	20	6	4	4	6	4	7	5	4	7	4	5	4	9	6	5
LMP4	17	5	4	5	3	3	4	5	5	5	6	5	1	3	9	5
ELP1	14	7	3	2	2	3	4	4	3	6	4	4	0	3	7	4
ELP2	16	2	5	4	5	0	5	4	7	3	4	5	4	6	4	6
ELP3	22	5	6	2	9	1	7	8	6	6	4	5	7	6	11	5
ELP4	31	10	7	11	3	8	5	12	6	10	11	8	2	11	12	8
ELP5	20	1	6	8	5	1	5	6	8	1	6	8	5	7	9	4
MPG1	23	6	5	8	4	5	9	5	4	5	7	6	5	8	10	5
MPG2	36	6	12	9	9	3	5	16	12	7	7	17	5	10	14	12
MPG3	22	3	4	6	9	2	2	8	10	4	9	4	5	2	11	9
MPG4	22	10	6	4	2	3	10	5	4	10	6	3	3	13	8	1
LPG1	11	8	2	0	1	4	3	3	1	9	1	1	0	5	5	1
LPG2	17	5	5	3	4	5	3	4	5	4	7	5	1	5	5	7
LPG3	31	4	8	11	8	1	6	12	12	4	9	14	4	6	16	9
LPG4	25	4	7	7	7	2	9	5	9	4	8	6	7	9	9	7
LPG5	19	4	5	6	4	1	5	10	3	5	4	4	6	8	8	3
ARB0	96	23	26	25	22	12	24	33	27	24	27	30	15	31	38	27
ARB1	7	2	1	2	2	1	2	1	3	2	2	0	3	2	5	0
BRI0	85	20	22	20	23	9	19	31	26	21	22	25	17	26	38	21
BRI1	18	5	5	7	1	4	7	3	4	5	7	5	1	7	5	6
PRO1	22	4	8	6	4	2	2	11	7	6	8	5	3	7	6	9
PRO2	50	13	10	14	13	7	11	16	16	12	14	14	10	15	22	13
PRO3	31	8	9	7	7	4	13	7	7	8	7	11	5	11	15	5
CRE0	96	24	24	25	23	12	24	31	29	24	28	30	14	30	39	27
CRE1	7	1	3	2	1	1	2	3	1	2	1	0	4	3	4	0

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

		VMV1	VMV2	VMV3	VMV4	VCI1	VCI2	VCI3	VCI4	VMA1	VMA2	VMA3	VMA4	VMI1	VMI2	VMI3
		25	27	27	24	13	26	34	30	26	29	30	18	33	43	27
DTG0	77	21	15	21	20	12	18	24	23	20	19	23	15	23	36	18
DTG1	26	4	12	6	4	1	8	10	7	6	10	7	3	10	7	9
DTT0	58	19	11	12	16	10	15	16	17	18	12	19	9	17	28	13
DTT1	26	4	7	9	6	2	5	12	7	4	8	8	6	9	10	7
DTT2	19	2	9	6	2	1	6	6	6	4	9	3	3	7	5	7
DCT0	47	18	9	7	13	9	12	13	13	18	8	13	8	17	20	10
DCT1	22	2	4	9	7	1	5	8	8	2	7	8	5	6	8	8
DCT2	16	2	5	7	2	2	2	7	5	2	5	5	4	4	9	3
DCT3	18	3	9	4	2	1	7	6	4	4	9	4	1	6	6	6
DPC0	17	5	7	5	0	4	4	7	2	7	4	6	0	4	9	4
DPC1	20	3	4	10	3	2	5	5	8	2	6	7	5	7	9	4
DPC2	24	8	7	3	6	3	7	6	8	7	5	9	3	10	8	6
DPC3	21	2	4	7	8	1	5	9	6	3	7	5	6	5	9	7
DPC4	21	7	5	2	7	3	5	7	6	7	7	3	4	7	8	6
PCG0	22	11	8	1	2	6	5	9	2	14	4	3	1	9	9	4
PCG1	23	6	6	9	2	5	4	6	8	3	10	6	4	9	8	6
PCG2	16	1	4	5	6	1	3	7	5	2	4	6	4	3	9	4
PCG3	20	3	4	6	7	0	6	6	8	3	6	6	5	4	11	5
PCG4	22	4	5	6	7	1	8	6	7	4	5	9	4	8	6	8
FEU0	69	22	12	19	16	9	14	22	24	23	20	18	8	20	26	23
FEU1	34	3	15	8	8	4	12	12	6	3	9	12	10	13	17	4
DEP0	81	24	19	22	16	13	20	25	23	23	25	20	13	28	32	21
DEP1	22	1	8	5	8	0	6	9	7	3	4	10	5	5	11	6
SEN1	72	20	18	17	17	12	16	25	19	20	23	18	11	22	28	22
SEN2	31	5	9	10	7	1	10	9	11	6	6	12	7	11	15	5
ACH1	49	8	17	9	15	6	13	17	13	8	14	17	10	17	21	11
ACH2	20	2	2	9	7	0	2	5	13	3	6	5	6	4	9	7
ACH3	34	15	8	9	2	7	11	12	4	15	9	8	2	12	13	9
FON1	39	6	15	10	8	4	13	11	11	8	11	11	9	14	16	9
FON2	39	14	9	7	9	3	8	16	12	14	12	11	2	10	14	15
FON3	25	5	3	10	7	6	5	7	7	4	6	8	7	9	13	3
SPE0	88	24	22	25	17	11	23	29	25	25	25	26	12	27	35	26
SPE1	15	1	5	2	7	2	3	5	5	1	4	4	6	6	8	1
HIS1	52	11	13	15	13	8	15	15	14	12	12	17	11	19	20	13
HIS2	25	3	7	7	8	0	6	10	9	1	7	11	6	6	15	4
HIS3	26	11	7	5	3	5	5	9	7	13	10	2	1	8	8	10

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

		VMV1	VMV2	VMV3	VMV4	VCI1	VCI2	VCI3	VCI4	VMA1	VMA2	VMA3	VMA4	VMI1	VMI2	VMI3
		25	27	27	24	13	26	34	30	26	29	30	18	33	43	27
DVL0	27	8	4	6	9	3	4	9	11	10	9	5	3	3	9	15
DVL1	25	4	5	6	10	1	7	7	10	4	6	9	6	7	9	9
DVL2	16	3	5	6	2	2	5	6	3	2	2	8	4	8	8	0
DVL3	19	3	8	5	3	2	4	8	5	6	6	3	4	7	10	2
DVL4	16	7	5	4	0	5	6	4	1	4	6	5	1	8	7	1
VLG0	32	10	5	7	10	2	4	11	15	10	11	5	6	4	14	14
VLG1	18	2	4	5	7	0	6	6	6	3	4	8	3	7	4	7
VLG2	20	4	5	8	3	2	5	8	5	3	3	8	6	9	10	1
VLG3	14	0	8	3	3	1	3	7	3	3	5	5	1	4	6	4
VLG4	19	9	5	4	1	8	8	2	1	7	6	4	2	9	9	1
ORI1	24	7	6	8	3	4	6	10	4	7	5	9	3	9	12	3
ORI2	26	4	7	9	6	2	5	7	12	5	11	4	6	7	8	11
ORI3	24	6	7	5	6	3	7	9	5	6	7	9	2	9	7	8
ORI4	29	8	7	5	9	4	8	8	9	8	6	8	7	8	16	5
DVC0	74	20	18	18	18	12	16	25	21	20	24	19	11	22	29	23
DVC1	15	4	4	2	5	1	5	4	5	5	2	4	4	5	6	4
DVC2	14	1	5	7	1	0	5	5	4	1	3	7	3	6	8	0

(Source : Vaclav Stransky, 1995)

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES GÉNÉRAUX

- BUCHANAN, C. - *L'automobile dans la ville*, imprimerie Nationale, Paris, 1965
- CERDA, I. - *La théorie générale de l'urbanisation, présentée et adaptée par Antonio Lopez de Aberasturi*, Seuil, Paris, 1979
- CHOAY, F., - *L'urbanisme, utopies et réalités, une anthologie*, collection Points, Ed. du Seuil, Paris, 1965
- CLAVAL, P. - *La logique des villes*, LITEC, Paris, 1981
- COSTE, J.-F. - *Les infrastructures de transport*, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Équipement, du Logement et du Tourisme, CETE d'Aix en Provence, 1972
- DUBOIS-TAINE, G. - *Les boulevards urbains*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1990
- DUPUY, G. - *Les Territoires de l'automobile*, Anthropos-Economica, Paris, 1995
- DURKHEIM, E. - *Le suicide* (1930), P.U.F., Quadrige, Paris, 1983
- FAIVRE D'ARCIER, B. - *La voirie urbaine : de l'accumulation à la gestion patrimoniale*, Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon II, 1992
- FRYBOURG, M. - *Enseignement supérieur de transport, Tome 1*, Paradigme, Caen, 1985
- GEFFRIN, Y. ; MULLER, M. - *Evolution démographique, croissance urbaine et mobilité*, CETUR, Bagneux, 1993
- LE CORBUSIER, - *The Radiant City*, Faber & Faber, London, 1964
- MERLIN, P. - *Géographie, économie et planification des transports*, Presses Universitaires de France, Paris, 1991
- MONNIER, G. - *L'Architecture en France - une histoire critique*, Philippe Sers Editeur, Paris, 1990
- MOSER, G. - *Les stress urbains*, Armand Colin, Paris, 1992
- SPERANDIO, J.-C. - *L'ergonomie du travail mental*, Masson, Paris, 1988
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD - *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, Washington, D.C., 1985

VAHL, H.G. ; GISKES, J -*Urbanisme et trafic : de la guerre à la paix*, CETUR, Bagneux, 1988

WALLISER, B. -*Systèmes et Modèles*, Seuil, Paris, 1977

PSYCHOLOGIE, COMPORTEMENT DU CONDUCTEUR, SÉCURITÉ

- ANDAN, O. -"Dynamique des comportements et univers de choix", in *Déplacements*, n° 4, 1990, pp. 11-20
- APPLEYARD, D. ; LYNCH, K. ; MYER J.R. -*The View from the Road*, Massachusetts Institute of Technology, U.S.A., 1964
- BADR, Y. -*Influence de l'environnement routier sur le comportement des conducteurs*, Thèse de Doctorat spécialité Transport, E.N.P.C., Paris, 1991
- BONNET, C. -"La Perception visuelle des formes", in : BONNET, C. ; GHIGLIONE, R. ; RICHARD, J.-F. -*Traité de Psychologie cognitive*, vol.1, Dunod, 1989
- CHANGEUX, J.-P. -"Le cerveau et la complexité", in *Sciences humaines*, n°47, février 1995, pp.24-26
- CHICH, Y. -*Le comportement du conducteur face à la route*, Journées d'étude de la S.I.A., "La route, Le pneumatique, Le véhicule", Paris, 4-5 novembre 1986
- CHICH, Y. -*La maîtrise de la vitesse, une priorité pour la sécurité routière*, ONSER, octobre 1981
- COURAUD, R. -"Rétrécissement de chaussée et ralentissement", in *TEC*, n° 75, mars-avril 1986, pp. 29-32
- DSCR -"Les traversées et déviations d'agglomérations", in *Sécurité et infrastructures routières, cycle d'études*, rapport provisoire, mai 1985
- DUBOIS-TAINE, G. -"Les relations entre la perception de l'environnement et le comportement des usagers - l'état des recherches", in CETUR, *Vitesse et sécurité en ville - Action sur les comportements et choix des équipements*, compte rendu de la journée nationale d'étude, Grenoble, 1985
- DUBOIS-TAINE, G. -*P'TITAGOR : Une méthodologie pour l'étude des traverses de petites agglomérations en application de principes de lisibilité de la route*, SETRA, Bagneux, 1987
- FICHELET, M. et R. -"Les comportements automobiles et la régulation de la circulation", in *L'automobile et la mobilité des Français*, La documentation française, Paris, 1980, pp. 183-197
- FICHELET, R. -"Les déterminants des comportements des usagers de la route", in CETUR, *Vitesse et sécurité en ville - Action sur les comportements et choix des équipements*, compte rendu de la journée nationale d'étude, Grenoble, 1985

- FLEURY, D. ; FONTAINE, H. ; MALATERRE, G. -*Recherche de la sécurité en petites agglomérations*, ONSER, cahier d'étude n°63, 1985.
- FLEURY, D. -*Ce que l'on pourrait dire sur la lisibilité de la route à partir des études diagnostic*, note interne INRETS, Arcueil, avril 1986
- FLEURY, D. ; LEROUX, D. ; MOEBS, H. -*Catégorisation de l'infrastructure par l'usager et sécurité*, Rapport INRETS n° 69, INRETS, Arcueil, 1988
- FLEURY, D. ; DUBOIS, D. -"Représentations mentales de scènes urbaines", in *Les annales de la recherche urbaine*, n°40, novembre 1988, pp. 97-104
- FLEURY, D. ; FLINÉ, C. ; PEYTAVIN, J.F. -*Modulation de la vitesse en ville et catégories de voies urbaines - Expérimentations sur les représentations de sites routiers*, Rapport INRETS n° 144, INRETS, Arcueil, 1991
- FLEURY, D. ; DUBOIS, D. ; FLINÉ, C. ; PEYTAVIN, J.F. -*Catégorisation mentale et sécurité des réseaux*, Rapport INRETS n° 146, INRETS, Arcueil, 1991
- FLEURY, D. ; DUBOIS, D. ; MORVANT, C. -*Expertise et structuration cognitive d'espaces routiers*, Rapport INRETS n° 166, INRETS, Arcueil, 1993
- GAMBARD, J.-M. ; LOUAH, G. -*Vitesses pratiquées et géométrie de la route*, SETRA, Bagnaux, 1986
- LABIALE, G. ; AUPETIT, J. -*Styles de conduite automobile en situation réelle de circulation*, Rapport final INRETS-LEN, 1986
- LABIALE, G. -"Typologie des comportements des conducteurs automobiles - Etude par enquête, in *RTS*, n° 21, Mars 1989, pp. 25-32
- LAYA, O. -*Analyse de l'activité du conducteur en virage*, rapport de recherche I.N.R.E.T.S. - L.P.C., Arcueil, 1990
- LYNCH, K. -*L'image de la cité*, Bordas, Paris, 1976. Traduit de LYNCH, K. -*The Image of The City*, M.I.T. Press, England, 1960
- MACHU, M. -"Les différents types d'équipement destinés à réduire la vitesse en ville", in CETUR, *Vitesse et sécurité en ville - Action sur les comportements et choix des équipements*, compte rendu de la journée nationale d'étude, Grenoble, 1985, pp. 53-61
- MALATERRE, G. ; SAAD, F. -*La régulation de la vitesse : Aide au contrôle de la vitesse*, ONSER-LPC, juin 1982
- MALATERRE, G. ; SAAD, F. -*Contribution à l'analyse du contrôle de la vitesse par le conducteur : évaluation de deux limiteurs*, ONSER, Cahier d'étude n° 62, octobre 1984

- MAZET, C. ; DUBOIS, D. ; FLEURY, D. -"Catégorisation et interprétation de scènes visuelles", in *Psychologie Française*, n°32, juin 1987, pp.85-95
- NEBOIT, M. -*L'exploration visuelle du conducteur : rôle de l'apprentissage et de l'expérience*, ONSER, Cahier d'étude n° 56, juin 1982
- PAILHOUS, J. -*La représentation de l'espace urbain - l'exemple du chauffeur de taxi*, Presses Universitaires de France, Paris, 1970
- SAAD, F. -*Perception et contrôle de la vitesse en conduite automobile*, ONSER, Cahier d'étude n° 59, octobre 1983
- SAAD, F. -"Prise de risque ou non perception du danger" in *RTS*, n° 18-19, septembre 1988, pp. 55-62
- SEIDOWSKY, R. -*Cinématique des véhicules en milieu urbain : analyse du comportement*, Rapport INRETS n° 5, Arcueil, 1986
- SEIDOWSKY, R. ; SELLAM, S. ; ARON, M. -"Analyse et classification de la cinématique d'un véhicule automobile", in *RTS*, n° 9, mars 1986, pp. 35-40
- TETARD, C. -*L'analyse des activités du conducteur - Recueil des communications*, Actes INRETS n°21, Arcueil, 1989

THÉORIE DES RÉSEAUX

- AMAR, G. -"Essai de modélisation conceptuelle d'un réseau de circulation", in *Réseaux territoriaux*, publié sous la direction de Gabriel Dupuy, Paradigme, Caen, 1988, pp. 251-262
- AMAR, G. -"Pour une nouvelle conception des réseaux dans la ville", in *Quaderni*, n° 6, Hiver 1988/89, pp. 23 - 34.
- AMAR, G. ; STATHOPOULOS, N. -"Les Réseaux à Organisation Polaire (ROP) : approche théorique et méthodologique de l'évaluation des performances", in *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n° 15 - 16, 1987, pp. 13 - 40.
- ANDERSON, L. -"Fire and Disease : the Development of Water Supply Systems in New England, 1870-1900", in TARR, J. ; DUPUY, G. -*Technology and the Rise of the Networked City in Europe and America*, Philadelphie, Temple University Press, 1988
- BERGE, C. -*Théorie des Graphes et ses applications*, Dunod, Paris, 1958 (réédition 1963)
- BERGE, C. -*Graphes et hypergraphes*, Dunod-Bordas, Paris, 1970 (réédition 1973)
- CURIEN, N. -"D'une problématique générale des réseaux à l'analyse économique du transport des informations", in *Réseaux territoriaux*, publié sous la direction de Gabriel Dupuy, Paradigme, Caen, 1988, pp. 211-228
- CURIEN, N. -"Economie des services en réseau : principes et méthodes", in *Communications & Stratégies*, n° 10, deuxième trimestre 1993, pp. 13 - 30
- DALTON, R. ; GARLICK, J. ; MINSHULL, R. ; ROBINSON, A. -*Network in Geography*, Modern Techniques in Geography, London, 1973
- DUPUY, G. -*Une technique de planification au service de l'automobile*, Techniques de planification urbaine, Paris, 1975
- DUPUY, G. -*Systèmes, réseaux et territoires*, Presses de l'E.N.P.C., Paris, 1985
- DUPUY, G. -"Les réseaux techniques sont-ils des réseaux territoriaux ?" in *L'Espace Géographique*, n° 3, 1987, pp. 175-184
- DUPUY, G. -"Vers une théorie territoriale des réseaux : une application au transport urbain" in *Annales de Géographie*, n° 538, 1987, pp. 658-679
- DUPUY, G. -"Réseaux (Philosophie de l'organisation)", in *Encyclopædia Universalis*, Production Rhamnales, Paris, 1989, pp. 875-882

- DUPUY, G. -*L'urbanisme des réseaux - théories et méthodes*, Armand Colin, Paris, 1991
- FRANKHAUSER, P. -*La fractalité des Structures urbaines*, Anthropos, collection Villes, Paris, 1994
- GARRISON, W.L. -*Connectivity in the interstate highway System*, Regional Science Association, Papers and Proceedings 6, 1960
- GARRISON, W.L. ; MARBLE, D.F. -*The Structure of transportation network*, (Unpublished report for the U.S. Army Transportation Research Command, by the transportation Center at Northwestern University), Technical Report 62-11, 1962
- GUYON, E. ; MITESCU, C. -"Percolation et contagion" in *Cahiers S.T.S. - Jeux de réseaux*, Editions du C.N.R.S., Paris, 1986, pp. 113-137
- HAGGETT, P. ; CHORLEY, R.J. -*Network Analysis in Geography*, Edward Arnold Publishers, London, 1969
- JIANG, J. ; STRANSKY, V. -*Le réseau autoroutier européen : une évaluation à l'aide de la Théorie des graphes*, Étude pour le SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes), Paris, 1993
- KANSKY, K.J. -*Structure of transportation network*, University of Chicago, Department of Geography, 1963
- KUNTZMANN, J. -*Théorie des réseaux - Graphes*, Dunod, Paris, 1972
- LE MEHAUTE, A. -*Les géométries fractales*, Hermès, Paris, 1990
- MENERAULT, P. -*Réseaux de transports et solidarités territoriales en milieu urbain*, Thèse de Doctorat Nouveau Régime, Institut d'Urbanisme de Paris, Université de Paris XII - Val-de-Marne, 1991
- MENERAULT, P. -"Contribution à une analyse morphologique des réseaux viaires", in *Flux*, n° 16, avril-juin 1994, pp.49-67
- OFFNER, J.-M. -"Le développement des réseaux techniques : un modèle générique", in *Flux*, n°13/14, Juillet-Décembre 1993, pp. 11-18
- PAPAYANNAKIS, A. -*Autour d'un point du réseau ferroviaire parisien : Un modèle d'explication et de prédiction du trafic journalier des stations et des gares de la RATP. Une classification hiérarchique des points du réseau*, Thèse de doctorat, Institut National Agronomique - RATP, Paris, 1994
- PRICE, W.L. -*Introduction aux graphes et aux réseaux*, Masson, Paris, 1974

- RAFFESTIN, C. -*Pour une géographie du pouvoir*, Litec, Paris, 1981
- ROUGE, M.F. -"L'organisation de l'espace et les réseaux" in *Eventail de l'histoire vivante, Hommage à Lucien Febvre*, Armand Colin, 1953, pp. 401-405
- ROY, B. -*Algèbre moderne et théorie des graphes*, tome 1 et tome 2, Dunod, Paris, 1970
- STATHOPOULOS, N. -*Pour une conception territoriale des réseaux : modèles conceptuels, aspects stratégiques et outils d'aide à la décision*, Thèse de Doctorat, Université de Paris IX - Dauphine, 1990
- STATHOPOULOS, N. ; AMAR, G. ; PENY, A. -"Formes et fonctions des points-de-réseaux", in *Flux*, n° 12, Avril-Juin 1993, pp. 29-45
- THIBAUT, S. -*Modélisation morpho-fonctionnelle des réseaux d'assainissement urbain à l'aide du concept de dimension fractale*, Thèse de doctorat d'Etat, Institut national des Sciences Appliquées de Lyon et Université Claude Bernard Lyon I, 1987

ARCHITECTURE, ESPACE, MORPHOLOGIE URBAINE

- APUR -*Paris projet - aménagement, urbanisme, avenir*, revue préparée par l'Atelier Parisien d'Urbanisme, n°13-14, 1975
- BONADONNA, S. -*Formes urbaines : des lois de formation à l'adaptabilité*, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Atelier d'Urbanisme, Paris, 1985
- BORIE, A. ; MICHELONI, P. ; PINON, P. -*Formes urbaines et sites de méandres*, GEFAU - CORDA, 1980
- BORIE, A. ; MICHELONI, P. ; PINON, P. -*Forme et déformation des objets architecturaux et urbains*, GEFAU, 1984
- BOUDON, P. -*Richelieu, Ville nouvelle : essai d'architecturologie*, Dunod, Paris, 1978
- CHOAY, F. -"Espace (Espace et architecture)" in *Encyclopædia universalis*, Paris, 1989, pp. 688 - 694
- DES CARS, J. ; PINON, P. *et alii* -*Paris-Haussmann*, Édition Picard - Pavillon de l'Arsenal, Paris, 1991
- DEVILLERS, Ch. -"Typologie de l'habitat et morphologie urbaine", in *AA (l'Architecture d'Aujourd'hui)*, n° 174, Juillet-Août 1974, pp. 18 - 22
- HAUMONT, A. -"La rue et l'immeuble, mobilité quotidienne et formes urbaines" in *Villes en parallèle*, n° 12-13, 1988, pp. 176-186
- LAURINI, R. -"Panorama de la modélisation urbaine", in *Urbanisme*, n°160, 1977, pp. 50-57
- LEGENBRE D'ANFRAY, P. ; SANDER, A. -*Points de réseaux et formes urbaines, une analyse de la correspondance*, RATP - Réseau 2000, GDR "Réseaux", CNRS., IPRAUS dev., 1993
- LOS, M. -"Les modèles de planification", in *Metropolis*, vol.II, n°6, juillet-août 1975, pp. 38-42
- MOUGHTIN, C. -"The European City Street", in *Town Planning Review*, Vol.62, number 1, January 1991
- PANERAI, P. ; DEPAULE, J.-C. ; DEMORGON, M. ; VEYRENCHE, M. -*Eléments d'analyse urbaine*, AAM, Bruxelles, 1980
- ROULEAU, B. -*Le tracé des rues de Paris - formation, typologie, fonctions*, Editions du CNRS, Paris, 1975

- ROULEAU, B. -"Le réseau des rues de Paris des origines à nos jours : des cheminements naturels à l'organisation de la ville", in *Paris et ses réseaux : naissance d'un mode de vie urbain XIXe - XXe siècle*, Université de Paris IV - Sorbonne, Centre de recherche en histoire de l'innovation, Paris, 1990, pp. 17-26
- SCEMAMA, G. -*Fonctionnement de la voirie - Un modèle d'aide au diagnostic et à la reconnaissance de tronçons urbains*, Rapport de recherche I.R.T. n° 73, Arcueil, 1984
- STRANSKY, V. -*Modèles de production de formes urbaines : analyse critique, rapport de DEA en Urbanisme et Aménagement*, Institut d'Urbanisme de Paris - Université Paris XII, Juin 1990
- VENTURI, R. ; SCOTT BROWN, D. ; IZENOUR, S. -*L'enseignement de Las Vegas ou le symbolisme oublié de la forme architecturale*, Pierre Mardaga éditeur, Bruxelles, 1977 (traduit de *Learning from Las Vegas*, Massachusetts Institute of Technology, MIT Press, 1977)
- ZEITOUN, J. -*Trames planes - Introduction à une étude architecturale des trames*, Dunod, Paris, 1977

MODÈLES DE TRANSPORT ET DE TRAFIC

- ABOURS, S. -"Estimation de temps de parcours sur axe urbain à partir de taux d'occupation, in *RTS, INRETS*, n°8, décembre 1985, pp. 13-16
- BARBIER-SAINT-HILAIRE, F. -"La prévision du trafic en milieu urbain... ou comment le micro-ordinateur remplace le boule de cristal" in *RTS, INRETS*, n° 27, septembre 1990, pp. 69 - 73
- BIETRY-RIVIERE, E - "Le casse-tête des limitations de vitesse", in *Le Figaro*, 25 octobre 1994
- BOESWILLWALD, A. -"Introduction au débat : les outils disponibles et les besoins d'amélioration", in *Déplacements*, n° 4, 1990, pp. 35-36
- BOESWILLWALD, A. ; FARGIER, P.H. ; LATORRE, M. -*Les études de prévision de trafic en milieu urbain - Guide technique*, CETUR, Bagneux, 1990
- BONVALET, F. ; ROBIN-PREVALLEE, Y. -"Indicateurs globaux de la circulation sur réseau construit à partir des données centralisées d'un système d'exploitation" in *RTS, INRETS*, n° 28, décembre 1990, pp. 90 - 112
- CETUR -*Réduire la vitesse en agglomération*, Ministère de l'Équipement et du Logement - Ministère des Transports et de la Mer - CETUR, Bagneux, 1989
- CETUR -*Les études de prévision de trafic en milieu urbain - guide technique*, Bagneux, 1990
- CHAPLEAU, R. ; ALLARD B. -*L'approche désagrégée appliquée aux réseaux avec congestion : esquisse méthodologique*, Communication présentée au 25ème congrès annuel de l'association Québécoise du Transport et des Routes, Montréal, 8-11 avril 1990
- COHEN, S. -*Ingenierie du trafic routier, éléments de théorie du trafic et applications*, Presses de l'E.N.P.C., Paris, 1990
- CYNA, M. -"Les modèles désagrégés", in *Transport Urbanisme Planification*, CETUR, vol.4, 1er trimestre 1985, pp. 115-133
- DAGANZO, C.-F. -"Probabilistic structure of two-lane road traffic" in *Transportation Research*, n°6, vol. 9, décembre 1975, pp. 339 - 346
- DEBAILLE, S. ; ARON, M. -*La simulation fine du trafic dans un réseau urbain - analyse bibliographique et critique*, Rapport I.R.T. n° 35, I.R.T., Arcueil, 1978

- DERYCKE, P.-H. -"Concentration urbaine, encombrement et congestion", in *Concentration urbaine et effets de congestion*, rapport de recherche CERREVE-DATAR, Université Paris X - Nanterre, 1990, pp. 1-89
- DESFORGES, O. ; VESVAL, B. -"Les modèles d'affectation", in *TEC, ATEC*, n° 26, janvier-février 1978, pp. 25 - 30
- FERRY, B. ; GIBER, J. -"Recherche d'un modèle d'équilibre tenant compte de l'offre de transport", in *TEC, ATEC*, n° 21, mars-avril 1977, pp. 13 -19
- GAGNEUR, J. -"Introduction au thème : univers de choix et évolution des comportements", in *Déplacements*, n° 4, 1990, pp. 7-9
- GOODWIN, P.B. -"Comprendre la congestion" in *RTS, INRETS*, n° 24, décembre 1989, pp. 23 - 28
- HAMERSLAG, R. -"Investigation into factors affecting the route choice in 'Rijnstreek-west' with the aid of disaggregate Logit model", in *Transportation*, n° 10, 1981, pp. 373 - 391
- HIVERT L. -"SATCHMO : un système à base de connaissance pour le choix modal", in *Déplacements*, n° 4, 1990, pp. 21-34
- KROES, E. ; HAMERSLAG, R. -"A practical dynamic network equilibrium model with elastic departure times", in *Survey of Research reports in transportation modelling*, TU Delft, April 1990.
- MATSOUKIS, E. C. ; -"Speed/Flow Relationships in the central Glasgow area", in *Transportation Planning and Technology*, Vol.6, 1980, pp. 21-26
- MELATT ; CETUR ; CETE de Lyon ; CETE de l'Ouest -*Modèles désagrégés - Principes généraux, méthodologie, applications (Grenoble, Nantes)*, journées de rencontre sur les modèles désagrégés 10-11 juin 1986
- MERLIN, P. -"Recherche quantitative et modélisation" in *Urbanisme*, n° 157-158, Février 1977, pp. 88-90
- MERLIN, P. -*La planification des transports urbains, enjeux et méthodes*, Masson, Paris, 1984
- MORIN, J.-M. -"SIMAUT - Un programme de simulation de trafic autoroutier" in *RTS, INRETS*, n° 4, décembre 1984, pp. 15 - 20
- ORFEUIL, J.-P. -"Estimer et comprendre la demande de déplacements, des modèles désagrégés aux systèmes intégrant les connaissances", in *Déplacements*, n° 4, 1990, pp. 63-70
- TARDIVEL, E. -*Réseaux et modèles*, Les Cahiers d'Etudes "Réseaux 2000", RATP (Régie Autonome des Transports Parisiens), Paris, décembre 1986

VAUGHAN, R.J. -*Urban Spatial Traffic Patterns*, Pion Limited, London, 1987

WAHLGREN, O. -*The dependence of vehicle speeds on different factors -particularly road geometry- on two-lane highways in Finland*, Finland's Institute of Technology, Scientific Researches n° 22, Helsinki, 1967

RECUEIL DE DONNÉES DE TRAFIC

- BLOSSEVILLE, J.-M. ; LENOIR, F. ; MOTYKA, V. ; ESPIE, S. ; CHEN, Y. -"Traitement d'image : recherches menées au département analyse et régulation du trafic", in *RTS*, n° 28, décembre 1990, pp.57-64
- BOISSELOT, J. -*Les collections de photographies aériennes en France*, *Bulletin Intergéo*, CNRS, n°84, 1986
- BONVALET, F. ; ROBIN-PREVALLEE, Y. -"Mise au point d'un indicateur permanent des conditions de circulation en Ile-de-France", in *TEC*, n° 84/85, Septembre-Octobre / Novembre-Décembre 1987, pp. 15-21
- BONVALET, F. ; ROBIN-PREVALLEE, Y. -"Indicateurs globaux de la circulation sur réseau construit à partir des données centralisées d'un système d'exploitation", in *RTS*, n°28, Décembre 1990, pp. 99 - 111
- BOUZAR, S. ; LENOIR, F. -"Une machine de traitement d'image pour la mesure du trafic routier en temps réel", in *RTS*, n° 28, décembre 1990, pp.65-78
- CETE de Bordeaux - CETUR -*Méthodologie de recensement des deux roues par photos aériennes*, Ministère de l'Équipement et du Logement Ministère des Transports et de la Mer, CETUR, Bagneux, 1988
- CETUR -*Déplacements - indicateurs de circulation*, n°6, 1991
- CLAUS, R.J ; HARDWICK, W.G. -*The mobile consumer : automobile-oriented retailing and site selection*, Collier-Macmillan Canada, Ltd, 1972
- CONSULT-INFRA (plaquette de présentation des activités de ce groupement d'entreprises)
- DEBAILLE, S. -"Reconstitution de matrices origine-destination en milieu urbain", in *TEC*, n° 34/35, Mai-Juin / Juillet-Août 1979, pp. 6 - 10
- DESFORGES, H. -*Une méthode d'enquête origine-destination par photographie aérienne - évaluation et comparaison avec une méthode au sol*, Rapport IRT n° 18, Arcueil, 1976
- DREIF/Ville de Paris - Direction de la voirie -*Indicateurs de circulation, Ville de Paris, photographies aériennes 1977*, Paris, 1977
- ESPIE, S. ; LENOIR, F. -"L'avenir de la mesure du trafic routier", in *RTS*, n° 28, décembre 1990, pp.51-56

- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION -*Freeway data collection for studying vehicle interactions - technical report*, U.S. Department of Transportation - Turner Fairbank Highway Research Center, Virginia, 1985
- GARRY, G. ; LE MOIGNE, M. ; GOUFAN J.-M. -*Environnement et aménagement : 3- L'usage des photographies aériennes*, S.T.U. - M.E.L.T.E. - D.A.U., Editions du S.T.U., Paris, 1992
- LEMAITRE, G. -"Routes et villes : vers une harmonisation de la mesure de trafic ?" in *RTS, INRETS*, n°33, mars 1992, pp. 61-69
- MAIRIE DE PARIS -*Détermination des indicateurs de circulation et de stationnement*, Direction de la voirie, Centre de Recherches et d'Etudes Techniques, Paris, 1990
- MINISTERE DE L'URBANISME ET DU LOGEMENT -*Outils pratiques de l'urbanisme : cartes, photographies, plans*, Editions du S.T.U., Paris, 1982
- ROBIN-PREVALLEE, Y. -*Nouvelle utilisation de la photographie aérienne pour apprécier l'efficacité d'un réseau routier*, Direction Régionale de l'Equipement d'Ile-de-France, Paris, 1986
- ROBIN-PREVALLEE, Y. -"Mesure de l'efficacité de dispositifs de régulation de la circulation par photographies aérienne", in *TEC*, n° 77, Juillet-Août 1986, pp. 23 - 27
- ROSS, P -"The Future of Traffic Simulation", in *Public Roads*, Vol.45, n°2, Sept. 1981, pp.75-79
- SAT (Société Anonyme de Télécommunications) -*CYCLOPE 2000*, n.d.
- SAT (Société Anonyme de Télécommunications) -*La chaîne image CYCLOPE 2000*, n.d.
- SAT (Société Anonyme de Télécommunications) -*L'optronique infrarouge une position de leader*, n.d.
- Services techniques de la ville de Dijon/ Agence Intercommunale d'Urbanisme de l'Agglomération Dijonnaise/DDE de la Côte d'Or/ SETRA -*Indicateurs de circulation*, Dijon, juin 1973
- S.T.U. -*Photo-interprétation - de la photographie aérienne à l'urbanisme*, Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, Paris, 1984
- THIENOT, P. -*Photographie aérienne et réglementation*, Ministère de l'Equipement, du Logement de l'Aménagement du Territoire et des Transports, les Editions du S.T.U., Paris, 1987

"Company Collects Congestion Data From Aircraft - Estimates Level of Service From Photographs", paru dans *The Urban Transportation Monitor*, April 3, 1992, pp. 1 et 4

ANALYSE DES DONNÉES, STATISTIQUES

BENZECRI, J.-P. -*Cours de Linguistique Mathématique*, publication multigraphiée, Faculté des Sciences de Rennes, 1964

BENZECRI, J.-P. et collaborateurs -*L'analyse des données*, Dunod, Paris, 1973, tome 2

BENZECRI, J.-P. -*Histoire et préhistoire de l'Analyse des données*, Les Cahiers de l'Analyse des Données, vol.1, n° 1 à 4, Dunod, 1976

BENZECRI, J.-P. et collaborateurs -*L'analyse des données, Tome 1 : La taxinomie* Dunod, Paris, 1980.

BENZECRI, J.-P. et collaborateurs -*L'analyse des données, Tome 2 : L'analyse des correspondances*, Dunod, Paris, 1980.

BENZECRI, J.-P. et collaborateurs -*Pratique de l'analyse des données 1, Analyse des correspondances - Exposé élémentaire*, Dunod, Paris, 1980.

BENZECRI, J.-P., -"Sur la généralisation du tableau de Burt et son analyse par bandes [Bandes de Burt]", in *Les Cahiers de l'Analyse des Données*, Vol.VII, 1982, n°1, pp.33-43

CIBOIS, P. -*L'Analyse factorielle*, P.U.F., Que sais-je ? n° 2095, Paris, 1983

FENELON, J.-P. -*Qu'est-ce que l'Analyse des Données ?*, Lefonen, Paris, 1981

GRELET-PUTERFLAM, V. -Lecture commentée de sorties de programmes en Analyse des Données, Bulletin A.D.D.A.D. n° 11 ; rédigé à partir des programmes de M. JAMBU et M.O. LEBEAUX

JAMBU, M. -*Exploration informatique et statistique des données*, Dunod, Paris, 1989

LEBART, L. ; MORINEAU, A. ; FENELON, J.-P. -*Traitement des données statistiques, méthodes et programmes*, Dunod, Paris, 1982

LESORT, J.-B. ; SELLAM, S. -*Le traitement statistique des données de trafic en réseau urbain*, Rapport INRETS n° 27, INRETS, Arcueil, 1987

TASSI, P. -*Méthodes statistiques*, Economica, Collection "Economie et statistiques avancées, Paris, 1989, pp. 316-318

VESSEREAU, A. -*La statistique*, PUF, Que sais-je ? n° 281, Paris, 1947

DIVERS

BARBA, M. -"Savez-vous compter les flops ?", in *Science et vie*, n°889, octobre 1991

BOUDON, P. -"Simplicités et complexités en architecture, Le Corbusier", in *Revue internationale de systémique*, Vol.4, n°2, 1990, pp. 157-170

CARRE, H. -"Le problème de la circulation à Paris", in *L'Illustration*, 16 novembre 1929

CETUR, AIVF, -*Guide général de la voirie urbaine*, CETUR, Bagneux, 1988

CROWTHER, G. ; HOLFORD, W. ; KERENSKY, O.A. ; POLLARD, H. ; SMITH, T.D. ; WELLS, H.W. ; HEATON, R.N. -*L'automobile dans la ville*, Rapports du Groupe Pilote et du Groupe de Travail créés par le Ministre des Transports de Grande-Bretagne, Her Majesty's Stationery Office, Londres, 1963

DELIGNY, J.-L. ; GRESSIER, C. -*Mieux se déplacer dans votre ville*, Editions du Moniteur, Paris, 1978

GERONDEAU, C. - *Les transports urbains*, Collection Que sais-je ?, PUF, Paris, 1977

GERONDEAU, C. - *La mort inutile*, Plon, Paris, 1979

GLEICK, J. -*La théorie du chaos, vers une nouvelle science*, Flammarion Champs, Paris, 1991

PRIGOGINE, I. ; STENGERS, I. -*La nouvelle alliance*, Gallimard, Paris, 1986

SOURCES PRINCIPALES

Conservation du Plan, Mairie de Paris, Direction de la Construction et du Logement), plans de cadastre, 1 / 1 000.

références :

66A, 66B, 66C, 66D : édition 1987

67A, 67B, 67C, 67D : édition 1972

68A, 68B, 68C, 68D : édition 1971

Conservation du Plan, Mairie de Paris, Direction de la Construction et du Logement), plans parcellaires avec hauteur de bâti, 1 / 2 000.

références :

66 : édition 1987, mise à jour 1990

67 : édition 1972, mise à jour 1978

68 : édition 1971, mise à jour 1983

Conservation du Plan, Mairie de Paris, Direction de la Construction et du Logement), plans topométriques, 1 / 2 000.

références :

66 : édition 1987

67 : édition 1972

68 : édition 1971

DREIF/Ville de Paris - Direction de la voirie -*Indicateurs de circulation, Ville de Paris, photographies aériennes 1977, Paris, 1977*

DREYFUS, J. -*Les déplacements en Ile-de-France un jour ouvrable d'hiver - Analyse des résultats de l'Enquête Globale de Transport 1991-1992*, RATP, Paris, 1993

INSEE -*Recensement de la population de 1982 - sondage au 1/4 (au lieu de travail)*.

JARRIGE, J.-M. ; FOURRIER A.-M. ; THOMAS, J.-N. ; TAREAU, J.-P. -*Le stationnement privé au lieu de travail, facteur d'évolution de la mobilité et de la structure urbaine ?*, Dossiers du CETUR - Déplacements urbains, CETUR, Bagneux, 1994

Michelin, plan Paris index, 1977, Transport - sens uniques, 1 / 10 000.

SOURCES SECONDAIRES

CETE d'Aix en Provence -*Ville d'Aix en Provence - Indicateurs de circulation*, avril 1975

CETE d'Aix en Provence -*Ales - Recensement des indicateurs par photographies aériennes*, mars 1975

CETE d'Aix en Provence -*Arles - Recensement des indicateurs par photographies aériennes*, avril 1975

CETE d'Aix en Provence -*Avignon - Recensement des indicateurs de circulation par photographies aériennes*, juin 1974

CETE d'Aix en Provence -*Marseille - Indicateurs de circulation*, juin 1974

CETE d'Aix en Provence -*Montpellier - Recensement des indicateurs de circulation par photographies aériennes*, 1978

CETE d'Aix en Provence -*Nice - Indicateurs de circulation*, décembre 1976

CETE d'Aix en Provence -*Nîmes - Recensement des indicateurs par photographies aériennes*, mai 1973

CETE d'Aix en Provence -*Perpignan - Recensement des indicateurs par photographies aériennes*, mai 1973

CETE d'Aix en Provence -*Ville de Sete - Recensement des indicateurs par photographies aériennes*, juillet 1975

CETE d'Aix en Provence -*Toulon - Recensement des indicateurs de la circulation et du stationnement par photographies aériennes*, 1978

CETE de Bordeaux -*Agen - Recensement des indicateurs par photographies aériennes*, juin 1974

CETE de Bordeaux -*Angouleme - Recensement des indicateurs par photographies aériennes*, mai 1973

CETE de Bordeaux -*Auch - Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes*, juin 1976

CETE de Bordeaux -*Bayonne - Recensement des indicateurs par photographies aériennes*, mai 1974

CETE de Bordeaux -*Biarritz - Recensement des indicateurs de la circulation et du stationnement par photographies aériennes*, 1978

- CETE de Bordeaux-Bordeaux - Recensement des indicateurs par photographies aériennes, juin 1974
- CETE de Bordeaux-Brive - Recensement des indicateurs de circulation et du stationnement par photographies aériennes, mai 1975
- CETE de Bordeaux-La Rochelle - Recensement des indicateurs par photographies aériennes, mai 1973
- CETE de Bordeaux-Limoges - Recensement des indicateurs par photographies aériennes, mai 1974
- CETE de Bordeaux-Montauban 1978 - Indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, 1978
- CETE de Bordeaux-Mont de Marsans - Recensement des indicateurs de la circulation et du stationnement par photographies aériennes, 1978
- CETE de Bordeaux-Niort - Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, juin 1975
- CETE de Bordeaux-Poitiers - Recensement des indicateurs par photographies aériennes, avril 1974
- CETE de l'Est-Belfort - Indicateurs de circulation et de stationnement, recensement par photographies aériennes, mai 1975
- CETE de l'Est-Châlons-sur-Marne - Indicateurs de circulation et de stationnement, recensement par photographies aériennes, avril 1975
- CETE de l'Est-Charleville-Mézières - Indicateurs de circulation et de stationnement, recensement par photographies aériennes, avril 1974
- CETE de l'Est-Colmar - Recensement des indicateurs de circulation par photographies aériennes, avril 1973
- CETE de l'Est-Epinal - Indicateurs de circulation et de stationnement, recensement par photographies aériennes, mai 1975
- CETE de l'Est-Mulhouse - Indicateurs de circulation et de stationnement, recensement par photographies aériennes, avril 1974
- CETE de l'Est-Nancy 77 - Indicateurs de circulation et de stationnement, mission aérienne, 1977
- CETE de l'Est-Reims - Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, 1977

CETE de l'Est -Ville de Strasbourg - *Indicateurs de circulation, recensement par photographies aériennes, avril 1973*

CETE de l'Est -Thionville et Hayange - *Indicateurs de circulation et de stationnement, recensement par photographies aériennes, 1975*

CETE de l'Est -Troyes - *Recensement des indicateurs de circulation par photographies aériennes, avril 1973*

CETE de Lyon -Annecy - *Recensement des indicateurs par photographies aériennes, avril 1975*

CETE de Lyon -Bourg-en-Bresse - *Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, avril 1977*

CETE de Lyon -Chambéry - *Recensement des indicateurs par photographies aériennes, mai 1974*

CETE de Lyon -Clermont Ferrand - *Recensement des indicateurs de circulation par photographies aériennes, juin 1977*

CETE de Lyon -Lyon - *Recensement des indicateurs par photographies aériennes, 1975*

CETE de Lyon -Ville de Roanne - *Indicateurs de circulation, mai 1973*

CETE de Lyon -Saint-Etienne 1977 - *Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, avril 1976*

CETE de Lyon -Valence - *Recensement des indicateurs par photographies aériennes, mai 1973*

CETE de Nantes -Cholet - *Indicateurs de circulation , juin 1976*

CETE de Nantes -La Roche/Yon 76 - *Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, juin 1976*

CETE de Nantes -Laval - *Recensement des indicateurs par photographies aériennes, avril 1975*

CETE de Nantes -Le Mans - *Recensement des indicateurs par photographies aériennes, avril 1974*

CETE de Nantes -Lorient - *Recensement des indicateurs par photographies aériennes, juin 1974*

CETE de Nantes -Saint-Brieuc - *Recensement par photographies aériennes des indicateurs de circulation et de stationnement , 1976*

CETE de Nantes -*Ville de Saint-Malo - Indicateurs de circulation*, juillet 1977

CETE de Nantes -*Ville de Saint-Nazaire - Indicateurs de circulation*, avril 1977

CETE Nord-Picardie -*Amiens - Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes* , 1974

CETE Nord-Picardie -*Arras - Recensement des indicateurs par photographies aériennes* , 1975

CETE Nord-Picardie -*Boulogne - Recensement des indicateurs par photographies aériennes* , 1975

CETE Nord-Picardie -*Calais - Recensement des indicateurs par photographies aériennes* , 1975

CETE Nord-Picardie -*Cambrai 1976 - Indicateurs de circulation* , 1976

CETE Nord-Picardie -*Douai 1974 - Indicateurs de circulation par photographies aériennes* , 1974

CETE Nord-Picardie -*Dunkerque - Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes*, 1973

CETE Nord-Picardie -*Lens - Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes* , 1974

CETE Nord-Picardie -*Lille 1977-1978 - Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes* , 1977-1978

CETE Nord-Picardie -*Roubaix 1974 - Indicateurs de circulation* , 1974

CETE Nord-Picardie -*Saint-Quentin - Recensement par photographies aériennes des indicateurs de circulation et de stationnement* , 1976

CETE Nord-Picardie -*Tourcoing 1974 - Indicateurs de circulation par photographies aériennes* , 1974

CETE Nord-Picardie -*Valenciennes 1974 - Indicateurs de circulation par photographies aériennes* , 1974

CETE de l'Ouest -*Angers 1979 - Indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes*, 1979

CETE de l'Ouest -*Rennes - Recensement des indicateurs par photographies aériennes*, juin 1973

CETE de l'Ouest -*Vannes - Recensement des indicateurs par photographies aériennes*, septembre 1973

CETE de Rouen -Alençon - *Recensement des indicateurs de circulation et du stationnement par photographies aériennes, septembre 1975*

CETE de Rouen -Blois - *Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, 1974*

CETE de Rouen -Bourges - *Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, 1974*

CETE de Rouen -Cæn - *Recensement par photographies aériennes des indicateurs de circulation et de stationnement, avril 1977*

CETE de Rouen -Châteauroux - *Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, 1974*

CETE de Rouen -Cherbourg - *Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, septembre 1973*

CETE de Rouen -Cherbourg 78 - *Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, 1978*

CETE de Rouen -Dieppe - *Recensement des indicateurs de la circulation et du stationnement par photographies aériennes, juin 1975*

CETE de Rouen -Evreux - *Indicateurs de circulation , 1976*

CETE de Rouen -Le Havre - *Recensement des indicateurs de circulation par photographies aériennes, 1973*

CETE de Rouen -Orléans - *Indicateurs de circulation , 1973*

CETE de Rouen -Orléans 1978 - *Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, 1978*

CETE de Rouen -Rouen - *Recensement des indicateurs de circulation et du stationnement par photographies aériennes, 1979*

CETE de Rouen -Vierzon - *Recensement des indicateurs de circulation et de stationnement par photographies aériennes, avril 1976*

SREIF (Service Régional de l'Équipement d'Ile-de-France) -Département de l'Essonne - *Recensement des indicateurs par photographies aériennes, 1976*

SREIF (Service Régional de l'Équipement d'Ile-de-France) -Hauts- de Seine - *Indicateurs de circulation, 1975*

SREIF (Service Régional de l'Équipement d'Ile-de-France) -Seine Saint-Denis - *Indicateurs de circulation, 1973*

SREIF (Service Régional de l'Équipement d'Ile-de-France) - *Val d'Oise - Indicateurs de circulation*, 1976

Services techniques de la ville de Dijon / Agence Intercommunale d'Urbanisme de l'Agglomération Dijonnaise / DDE de la Côte d'Or / SETRA - *Indicateurs de circulation*, Dijon, juin 1973

TABLE DES FIGURES

FIGURES DE LA PARTIE 1

- FIGURE 1	
Le cadre théorique intégral du comportement du conducteur.....	44
- FIGURE 2	
Détermination de l'échelle d'un élément de réseau.....	75
- FIGURE 3	
Structure hiérarchisée dendritique dans une surface.....	75
- FIGURE 4	
Le modèle de point-de-réseau étendu à la voirie urbaine.....	88
- FIGURE 5	
Arbre de déclinaison des variables.....	139
- FIGURE 6	
Pyramide des variables.....	145

FIGURES DE LA PARTIE 2

- FIGURE 7	
Exemple trajectoire de l'aéronef et numérotation des clichés.....	167
- FIGURE 8	
Recouvrement latéral et recouvrement longitudinal.....	167
- FIGURE 9	
Le phénomène de dévers.....	167
- FIGURE 10	
Proportion de cadres (lieu de travail) par arrondissements.....	186
- FIGURE 11	
Les 3 couvertures de Paris - septembre 1977.....	188
- FIGURE 12	
Le terrain d'étude : choix final.....	189
- FIGURE 13	
Terrain d'étude modélisé.....	200
- FIGURE 14	
Exemple de profils des vitesses d'après photos aériennes.....	205

- FIGURE 15	
Cas des tronçons courts.....	205
- FIGURE 16	
Concentrations CVOI2 (véh/100m de voie sur les 2 sens).....	224
- FIGURE 17	
Les 9 supposés points-de-réseau.....	226
- FIGURE 18	
Graphe des centiles des tronçons d'échelle 0 (variable CVOI).....	227
- FIGURE 19	
Activité globale aux frontières des points-de-réseau.....	232
- FIGURE 20	
Activité aux frontières par hectare de point-de-réseau.....	232
- FIGURE 21	
Activité aux frontières.....	233
- FIGURE 22	
Nuage de points tridimensionnel et facteurs.....	241
- FIGURE 23	
Distances de points à un facteur.....	241
- FIGURE 24	
Fausse proximité entre A et B.....	241

FIGURES DE LA PARTIE 3

- FIGURE 25	
Modèle d'analyse fonctionnelle du point-de-réseau.....	262
- FIGURE 26	
Comparaison histogrammes tronçons / axes de rabattement.....	265
- FIGURE 27	
Comparaison graphes en boîtes.....	265
- FIGURE 28	
4 conditions d'axe de rabattement.....	269
- FIGURE 29	
Nuage modalités variables projeté sur premier plan factoriel.....	272

- FIGURE 30	
Nuage des tronçons projeté sur le premier plan factoriel.....	278
- FIGURE 31	
Nuage des supposés tronçons ultra-locaux.....	280
- FIGURE 32	
Tronçons de type 1 : ultra-locaux.....	281
- FIGURE 33	
Vitesses circulées.....	282
- FIGURE 34	
Type 1 : Les tronçons ultra-locaux ou "barreaux d'échelle"	283
- FIGURE 35	
Nuage des supposés collecteurs locaux.....	285
- FIGURE 36	
Tronçons type 2 : collecteurs locaux.....	286
- FIGURE 37	
Concentrations par voie.....	288
- FIGURE 38	
Traversées frontières : trafic afférent.....	289
- FIGURE 39	
Type 2 : Les collecteurs locaux.....	290
- FIGURE 40	
Nuage des supposés "tronçons express"	292
- FIGURE 41	
Tronçons type 3 : tronçons express.....	293
- FIGURE 42	
Tronçons traversiers.....	295
- FIGURE 43	
Type 3 : Les tronçons express transcendants.....	296
- FIGURE 44	
Exemple fictif de régressions linéaires sur un nuage de points.....	299
- FIGURE 45	
Trajectoires modalités de vitesses dans premier plan factoriel.....	305
- FIGURE 46	
Nuage modalités de variables dans le premier plan factoriel.....	308
- FIGURE 47	
Pyramide des variables structurantes de la vitesse moyenne.....	352

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	9
- Au départ , une (fausse) évidence ?.....	11
- A l'origine du sujet, l'idée d'un "réseau-objet architectural".....	12
- ...le constat d'une dualité paradoxale.....	13
- ...des questions qui en découlent.....	15
- ...et une série de choix préliminaires.....	16
- Un domaine encore peu exploré... ..	18
- ...d'un intérêt heuristique et opératoire... ..	18
- ...qui sera abordé de manière expérimentale.	20
 PARTIE 1 - CONDUIRE DANS UN POINT-DE-RESEAU	21
 INTRODUCTION.....	23
 CHAPITRE 1 - MODELES DU COMPORTEMENT DU CONDUCTEUR.....	25
Introduction.....	25
1.1.- Une multitude de modèles.....	27
1.1.1.- J.J. Gibson et L.E. Crooks : une analyse de la conduite automobile	27
1.1.2.- Allen-Lunenfeld-Alexander : hiérarchisation de la tâche de conduite.....	30
1.1.3.- Le modèle de fonctionnement de l'opérateur.....	31
1.1.4.- Van der Mollen et Böttcher ou le modèle hiérarchique du risque	32
1.1.5.- Cas français : un singulier manque de formalisation théorique	34
- Beaucoup d'études opérationnelles... ..	34
- ...pour quelques rares travaux de formalisation théorique globale	37
1.2.- Des problèmes d'ordre théorique manifestes... ..	39
1.2.1.- Confusion dans la définition des objectifs.....	39
1.2.2.- Des modèles invérifiables	40
1.2.3.- Un retard français surprenant	40
1.2.4.- Un cadre théorique inexistant.....	40

1.3.- Quelques constantes : prémisses d'un cadre théorique global ?.....	41
1.3.1.- Les "constantes"	41
- Structure hiérarchique de la tâche de conduite	41
- Le rôle primordial de l'information visuelle.....	42
- La vitesse comme mesure du comportement	42
1.3.2.- Le "cadre théorique intégral du comportement" de Badr	42
- Correspondance entre niveau d'une tâche et niveau de fonctionnement.....	43
- Intégration de la notion de risque.....	43
- Rôle de l'expérience et de l'apprentissage.....	45
- Choix du modèle de Gibson et Crooks comme cadre conceptuel pertinent	46
1.3.3.- Conséquences du modèle de Badr sur le plan opératoire.....	46
- Nécessité d'avoir recours à l'observation directe "in situ"	46
- Nécessité d'éliminer les sources d'interférences.....	47
- Nécessité de travailler sur un échantillon homogène de conducteurs.....	47
1.4.- Les apports pratiques	48
1.4.1.- Méthodologie	48
1.4.2.- Résultats	49
- Existence d'un profil-type de vitesse.....	49
- L'agglomération comme facteur homogénéisant	49
- Facteurs influant sur la vitesse pratiquée en petite agglomération	50
 CHAPITRE 2 - VOIRIE URBAINE ET POINT-DE-RESEAU	 51
Introduction.....	51
2.1.- Eléments de la théorie des réseaux	51
2.1.1.- la genèse du concept de réseau.....	51
2.1.2.- Théorie des réseaux territoriaux.....	53
2.1.3.- Réseau-tuyau, réseau de points, point-de-réseau	56
2.2.- Les voies urbaines comme réseau technique	61
2.2.1.- Le "RPT-VP"	62
2.2.2.- La voirie urbaine : un réseau technique hiérarchisé	64

2.3.- Le point-de-réseau : une notion adaptée à la voirie urbaine ?.....	68
2.3.1.- "L'échelle d'un tronçon de voie"	69
- Niveau d'un déplacement et niveau d'un tronçon : étape intermédiaire.....	70
- De la notion de niveau à la notion d'échelle	71
- Echelle de tronçon - définition	73
2.3.2.- De l'échelle de tronçon au point-de-réseau	76
- Importance de flux automobile et échelle de tronçon.....	76
- L'échelle 0 : une transition entre réseau et territoire desservi.....	80
- Les tronçons d'échelle 0 : une catégorie de voies "à part"	82
2.3.3.- Modèle circulatoire fondé sur la notion de point-de-réseau.....	85
- Faible importance des flux à l'intérieur du point -de-réseau.....	86
- Hiatus de flux entre voies-frontières et voies internes du point-de-réseau.....	86
- Le point-de-réseau est de dimensions réduites	86
- Les frontières du point-de-réseau sont peu perméables	87
CHAPITRE 3.- UN MODELE D'ANALYSE DU POINT-DE-RESEAU	89
Introduction.....	89
3.1.- Délimitation spatiale d'un domaine d'application : le tronçon.....	90
3.1.1.- Délimitation d'un corpus d'analyse pertinent.....	90
3.1.2.- Délimitation spatiale de l'unité élémentaire d'analyse	92
- Délimitation latérale : le "tuyau territorialisé"	93
- Délimitation longitudinale : notion de "point-à- risque"	95
- Définition du tronçon	96
3.2.- Forme et fonction du tronçon - hypothèse fondamentale.....	97
3.2.1.- Retour à la question initiale : fonctionnement du point-de-réseau.....	98
3.2.2.- Une question pertinente dans le cadre conceptuel choisi ?.....	98
3.2.3.- Options méthodologiques : choix d'une approche	100

3.3.- Le tronçon comme vecteur de flux : description fonctionnelle.....	103
3.3.1.- Vitesse moyenne de parcours du tronçon : indice de comportement.....	103
3.3.2.- Différences inter-individuelles et notion de comportement moyen	105
3.3.3.- Echantillon homogène versus interactions observateur / observé	107
3.3.4.- Homogénéiser l'échantillon : le choix du terrain d'étude.....	108
- Facteurs d'hétérogénéité.....	108
- Caractéristiques spécifiques à l'usage de l'automobile.....	109
- Descripteurs généraux.....	112
- L'imprévu - source de désordre dans le comportement du conducteur.....	113
- Conclusion : impératifs pour le choix du terrain d'étude.....	114
3.4.- Le tronçon comme espace : description morphologique	115
3.4.1.- Les facteurs naturels	116
- La "paroi frontale" du tronçon	116
- Parois latérales du tronçon.....	117
- Le "plancher" du tronçon.....	124
- L'éclairage... et le "plafond"	125
- Conclusion sur les facteurs naturels : descripteurs spatiaux sommaires.....	126
3.4.2.- Les limites dynamiques.....	127
- Changements de direction dans le plan horizontal.....	127
- Changements de direction dans le plan vertical	129
3.4.3.- Les obstacles	129
3.4.4.- Les obstacles en mouvement	131
3.4.5.- Les obstacles potentiels	133
- Les carrefours	133
- Les portes cochères	134
- Autres générateurs d'obstacles potentiels.....	134
3.4.6.- Les obstacles légaux.....	135
3.4.7.- Et la morphologie dans tout cela?	138
- Morphologie : cadre théorique.....	138

- Variables dimensionnelles.....	140
- Variables géométriques	140
- Variables topologiques	141
- Variables de contrôle	141
- Variables à la fois dimensionnelles et géométriques.....	141
- Variables à la fois dimensionnelles, géométriques et topologiques.....	142
- Variables à la fois dimensionnelles et de contrôle.....	143
- Variables à la fois géométriques et de contrôle	143
3.5.- Bilan : modèle de fonctionnement du point-de-réseau	144
3.5.1.- Une construction fondée sur trois référents théoriques	144
3.5.2.- Des présupposés pas forcément consensuels	147
3.5.3.- De nombreuses hypothèses simplificatrices.....	150
3.5.4.- Une approche multicritère dans un cadre urbain	151
 PARTIE 2 - TERRAIN ET METHODE D'ANALYSE.....	153
INTRODUCTION.....	155
 CHAPITRE 4. - DONNEES DE TRAFIC URBAIN : UNE DENREE RARE.....	157
Introduction.....	157
4.1.- Les techniques de recueil de variables de trafic.....	158
4.1.1.- Les capteurs pneumatiques.....	158
4.1.2.- Boucles électromagnétiques.....	158
4.1.3.- Les détecteurs acoustiques.....	159
4.1.4.- Les radars à effet Doppler-Fizeau	159
4.1.5.- Techniques "à vue".....	159
4.2.- Où trouver les données ? Des débuts difficiles	160
4.2.1.- Enquêtes téléphoniques préalables	160
4.2.2.- Enquête par questionnaire	161
4.2.3.- Et en dehors du cadre français ?.....	163
4.3.- La photographie aérienne : une solution lourde.....	164
4.3.1.- Un outil de collecte de données intéressant.....	165
4.3.2.- ...mais peu utilisé pour le recueil de variables de trafic	165
- La collecte.....	166

- La photo-interprétation	168
4.3.3.- Avantages et inconvénients de la photographie aérienne	169
4.3.4.- A la recherche de données utilisables	170
4.3.5.- La quête des photographies aériennes.....	172
4.3.6.- De nouvelles technologies au service de la photographie aérienne	175
- Améliorations de la méthode traditionnelle	176
- De nouvelles pistes de recherche	179
4.3.7.- Améliorer à bon marché la technique de photo-interprétation ?	181
CHAPITRE 5 - LE TERRAIN D'ETUDE : CHOIX ET MODELISATION	183
Introduction.....	183
5.1.- Choix du terrain.....	183
5.1.1.- Les impératifs théoriques du modèle d'analyse.....	183
- Exigence de délimitation temporelle : heure de pointe du soir.....	183
- Des quartiers "aseptisés"	184
- Des quartiers de bureaux.....	184
5.1.2.- Le choix final	187
5.2.- Modélisation du terrain	187
5.2.1.- Méthode de découpage en tronçons	187
- Points-à-risque topologiques.....	190
- Points-à-risque réglementaires.....	190
- Points-à-risque "carrefours complexes"	191
5.2.2.- Délimitation "a priori" des points-de-réseau : tronçons à trafic dense	193
- La collecte des données de trafic : une tâche éminemment lourde	194
- 1 ^{ère} hypothèse simplificatrice : concentration comme mesure de flux	195
- 2 ^{ème} hypothèse simplificatrice : largeur comme critère discriminant	195
- Tronçon à trafic dense : définition	196
5.2.3.- Résultat de la modélisation.....	198
- Décomposition du terrain.....	198

- Bilan : 9 supposés points-de-réseau irrigués par des tronçons d'échelle 0	199
5.3.- Caractériser les tronçons : calcul des variables	201
5.3.1.- Photographies aériennes : recueil des données de trafic.....	203
- Généralités	203
- Pertinence de la "moyenne des moyennes" : des présupposés nécessaires.....	203
- Tenir compte des véhicules à l'arrêt dans calcul de la vitesse moyenne ?.....	206
- Précision des mesures de vitesses.....	208
- Calcul des concentrations moyennes.....	209
5.3.2.- Photographies aériennes : recueil des données morphologiques.....	209
- Choix de dimensions standard : rétrécissement unitaire, unité de passage	210
- Véhicules en stationnement : variable morphologique moyenne.....	210
- Rétrécissement continu et rétrécissement ponctuel	212
- Repérage des transformations morphologiques depuis 1977.....	213
5.3.3.- Recueil de données sur plans.....	214
- Plan de rues	214
- Plans de cadastre	214
- Plans avec hauteur de bâti.....	216
- Plans de géomètre	216
- Plans "historiques"	217
5.3.4.- Recueil des données sur le terrain.....	217
5.4.- Base de données et validation des choix préliminaires.....	218
5.4.1.- Quelques éléments de description du terrain d'étude.....	219
5.4.2.- Validation a posteriori des hypothèses simplificatrices	220
- 1 ^{ère} hypothèse simplificatrice : concentration comme mesure de flux.....	220
- 2 ^{ème} hypothèse simplificatrice : largeur comme critère discriminant.....	222
5.4.3.- Point-de-réseau et voirie urbaine : validation du modèle.....	223
- Existence de zones délimitées par des voies à trafic dense (condition 2)	225

- Ces zones sont de dimensions réduites... (condition 3).....	225
- ...et sont irriguées par des rues à trafic peu dense (condition 1)	225
- Activité circulatorie aux frontières : vérification de la condition 4.....	225
- Pour finir, quelques chiffres... et quelques questions.....	230
- Conclusion : un choix de terrain d'étude pertinent.....	234
CHAPITRE 6.- L'ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE	235
Introduction.....	235
6.1. - L'analyse multidimensionnelle des données.....	236
6.1.1.- Analyses factorielles : différentes méthodes.....	237
6.1.2.- ...mais quelques principes généraux identiques.....	238
- Axe factoriel ou facteur.....	238
- Construction des facteurs : généralités.....	240
- Le facteur : réalité ou simple artifice ?.....	242
- L'analyse factorielle en une phrase.....	243
6.2. - L'analyse des correspondances multiples	244
6.2.1.- Généralités.....	244
6.2.2.- L'objet d'analyse : le tableau de données	246
6.2.3.- Principe de base : étude de la variance	247
6.2.4.- Construction des axes factoriels	249
6.2.5.- Lecture des sorties d'une analyse des correspondances.....	249
- COR : contribution relative d'un facteur à l'excentricité d'un point.....	250
- CTR : contribution relative d'un point à l'inertie d'un facteur	250
- Proximité fortuite ou signifiante ? Tableau des contingences multiples.....	251
- Interpréter une analyse des correspondances : allers-retours nombreux.....	251
6.2.6.- Propriétés liées aux fondements mathématiques de la méthode	252
- Priorité à la structure	252
- Principe barycentrique.....	252

- Conséquence opératoire du principe d'équivalence distributionnelle	253
- Les points supplémentaires.....	253
6.3. - Formalisation des données : le codage.....	254
6.3.1.- Le codage - une étape essentielle.....	254
6.3.2.- Codage de l'échantillon sous forme disjonctive complète	255
6.3.3.- Conséquence du codage : élimination de certaines variables	256
 PARTIE 3 - A LA RECHERCHE DE RESULTATS	 259
 INTRODUCTION.....	 261
 CHAPITRE 7 - HOMOGENEISER L'ECHANTILLON	 263
Introduction.....	263
7.1. - Des axes de rabattement parmi les tronçons d'échelle 0 ?.....	263
7.1.1.- A l'origine : un doute... ..	263
7.1.2.- Lever le doute : principe de la démarche.....	264
- Condition 1 : une concentration par voie élevée	264
- Condition 2 : rues à double sens	264
- Condition 3 : des mailles dans les mailles.....	266
- Condition 4 : une répartition directionnelle de trafic homogène	266
- Condition 5 : marginalité de la traversée des nouvelles frontières	267
- Une impasse sur la réciproque.....	267
7.1.3.- Axes de rabattement "cachés" : une hypothèse peu vraisemblable.....	268
7.2. - Les tronçons d'échelle 0 : un corpus homogène ?	270
7.2.1.- Une première approche morphologique multidimensionnelle	271
7.2.2.- Une typologie tricéphale	275
7.2.3.- Vérification de la typologie proposée : principe de la démarche.....	277
7.2.4.- La typologie soumise à l'épreuve du terrain	279

- Type 1 : tronçons ultra-locaux "barreaux d'échelle"	279
- Type 2 : les collecteurs locaux	284
- Type 3 : tronçons "express transcendants" ?	291
7.3. - Un premier bilan positif	297
CHAPITRE 8 - VARIABLES EXPLICATIVES DE LA VITESSE PRATIQUEE	301
Introduction.....	301
8.1. - Épuration de l'échantillon pour une meilleure lisibilité.....	301
8.2.- Principes généraux de la démarche	302
8.2.1.- La concentration de trafic : une variable "comme les autres"	303
8.2.2.- Interprétation du premier plan factoriel par les vitesses	304
8.2.3.- Interprétation par les autres variables : démarche suivie	306
8.3. - Variables explicatives	308
8.3.1. - Variables explicatives "de premier ordre"	308
- Type d'achèvement du tronçon (ACH2, ACH3)	308
- Concentrations trafic faibles et fortes (CVO1, CVO4, C101, C102)	309
- Densité nulle de diminutions de hauteur des façades côté gauche (DHG0).....	310
- Densité faible d'élargissements optiques côté gauche (EOG1).....	311
- Densité de goulots d'étranglement à gauche (GEG1)	311
- Densité élevée de trafic côté gauche (DVC2)	312
- Densité de vitrines (DVL0, DVL2, DVL4, VLG0, VLG4).....	312
- Densité nulle de portes cochères, côté gauche (PCG0)	313
- Etendue très faible des largeurs de parcelles, côté gauche (LPG1).....	314
- Epoque de percement du tronçon (HIS2, HIS3)	314
- Présence d'un signal lumineux en fin de tronçon (FEU1).....	315
- Largeur très importante de la chaussée (LAC4)	315
- Longueurs très faibles et assez fortes (LON1, LON3).....	315
- Largeurs moyennes de parcelles élevées, côté gauche (MPG3, MPG4).....	316

8.3.2. - Variables explicatives "de second ordre"	317
- Densités nulle et faible de croisements de tous types (DCT0, DCT1)	317
- Densités élevées d'élargissements entre façades (DEF2, EFG2).....	317
- Présence de passages cloutés (DEP1)	318
- Fond de perspective en T (FON2).....	318
- Largeur de façade à façade très importante (LAR4)	318
- Orientation Sud-Est (ORI2)	318
- Nombre de sens de circulation (SEN2).....	319
- Présence "d'items spéciaux" sur le tronçon (SPE1).....	319
- Nombre assez élevé et très élevé de voies utiles (VOI3, VOI4)	319
CHAPITRE 9 - SYNTHÈSE : RÔLE DE LA MORPHOLOGIE.....	321
Introduction.....	321
9.1.- Influence "structurelle" et de codage.....	322
9.2.- Influence des variables de contrôle.....	327
9.3.- Influence de la morphologie.....	331
9.4.- Les variables mixtes.....	340
9.5.- Variables de "faible poids" : absences d'influence surprenantes... ..	346
9.6.- Bilan : une interdépendance forme-fonction manifeste	348
CONCLUSION GÉNÉRALE	357
A l'origine.....	359
La démarche suivie	360
Résultats théoriques	362
- Point-de-réseau et voirie urbaine.....	362
- La scène visuelle comme régulateur de vitesse	364
- Valeur heuristique de la notion d'échelle appliquée aux réseaux... ..	366
Résultats pratiques.	366
- Variables explicatives de la vitesse pratiquée.....	367

- Typologie des tronçons d'échelle 0	370
- La photographie aérienne - méthode robuste de recueil de données....	372
Et maintenant ?.....	373
- Passer du qualitatif au quantitatif.....	373
- Vérifier la pertinence du "comportement moyen"	374
ANNEXES.....	377
Annexe 1 - Les méthodes d'analyse des réseaux.....	379
Annexe 2 - Dictionnaire des variables 1.....	383
Annexe 3 - Questionnaire envoyé aux 600 plus importantes communes françaises.....	385
Annexe 4 - Villes ayant fait l'objet d'une étude de recensement de trafic automobile par photographie aérienne (avec date de l'étude).....	386
Annexe 5 - Questionnaire envoyé aux 7 Centres d'Etudes Techniques de l'Equipement : exemple de celui destiné au C.E.T.E. Normandie-Centre	389
Annexe 6 - Fiche de recueil de données de trafic.....	390
Annexe 6 bis - Exemple de fiche de recueil de données de trafic remplie.....	393
Annexe 7 - Fiche de recueil de données morphologiques.....	394
Annexe 7 bis - Exemple de fiche de recueil de données morphologiques remplie.....	396
Annexe 8 - Principe de calcul de la vitesse moyenne des véhicules en circulation.....	397
Annexe 9 - Erreurs de mesure des vitesses établies d'après photographies aériennes.....	399
Annexe 10 - Tableau de description logique.....	403
Annexe 11 - Comparaison supposés tronçons d'échelle 0 / supposés tronçons à trafic dense.....	412
Annexe 12 - Les 9 supposés points-de-réseau : activité aux frontières	413

Annexe 13	-	Histogrammes des variables	423
Annexe 14	-	Tableau disjonctif complet.....	437
Annexe 15	-	Liste définitive des 51 variables retenues, éclatées en 183 modalités	446
Annexe 16	-	Analyse des correspondances multiples sur tableau de Burt croisant les modalités de toutes les variables morphologiques et de contrôle par elles-mêmes (tableau de contingences multiples 163 x 163).....	447
Annexe 17	-	Dépouillement et interprétation sorties brutes : quelques éléments.....	458
Annexe 18	-	Analyse des correspondances multiples sur tableau de Burt croisant les 143 modalités les plus significatives des variables morphologiques et de contrôle par elles-mêmes (tableau de contingences multiples 143 x 143), les modalités des vitesses (variables fonctionnelles) étant prises en compte en tant que variables supplémentaires (20 modalités).....	460
Annexe 19	-	Analyse des correspondances multiples de la bande de Burt croisant les 143 modalités les plus significatives des variables morphologiques et de contrôle avec l'ensemble des modalités des vitesses (tableau de contingences multiples 143 x 20).....	468
Annexe 20	-	Histogrammes des variables après élimination des tronçons	476
Annexe 21	-	Analyse des correspondances multiples de la bande de Burt (après élimination des tronçons caractérisés par VCI0 ou CVO5) croisant les 162 modalités des variables morphologiques et de contrôle avec les 15 modalités non nulles des vitesses (tableau de contingences multiples 162 x 15).....	490
Annexe 22	-	Tableaux des tris croisés (en effectifs).....	501

BIBLIOGRAPHIE.....507

Ouvrages généraux.	509
Psychologie, comportement du conducteur, sécurité	511
Théorie des réseaux.	514
Architecture, espace, morphologie urbaine	517
Modèles de transport et de trafic.....	519
Recueil de données de trafic	522
Analyse des données, statistiques	525
Divers.....	526
Sources principales.....	527
Sources secondaires.....	528

TABLE DES PLANCHES HORS-TEXTE.....535

Figures de la partie 1	537
Figures de la partie 2	537
Figures de la partie 3	538

TABLE DES MATIÈRES541

RESUME

Prenant comme cadre conceptuel la théorie des réseaux territoriaux et diverses théories comportementales, cette thèse aborde un aspect encore peu connu de la voirie urbaine : l'influence que peut avoir sa *morphologie* (notion regroupant l'ensemble des caractéristiques formelles de l'infrastructure viaire et de son environnement territorial immédiat) sur sa *fonction-déplacement* (dimension circulatoire du réseau), caractérisée par la vitesse moyenne des véhicules. Pour cela, quelques quartiers parisiens sont choisis comme terrain expérimental sur des critères aussi bien théoriques (nécessité de poser certaines hypothèses simplificatrices fortes) que pratiques (disponibilité de données). Ces quartiers sont ensuite découpés en tronçons de rue élémentaires considérés comme "morphologiquement homogènes", et chaque tronçon est affecté d'un grand nombre de variables morphologiques d'une part, d'une vitesse moyenne calculée sur la base d'observations effectuées à l'aide de plusieurs séries de photographies aériennes, d'autre part. Enfin, une analyse factorielle (Analyse des correspondances multiples), croisant cette vitesse moyenne avec l'ensemble des variables morphologiques, est appliquée à cet échantillon. Elle met en évidence, à l'intérieur de ce dernier, une structure forte que nous interprétons comme une série de liens et d'effets de seuil plus ou moins importants entre cette vitesse et certaines des variables morphologiques, pouvant dès lors être considérées comme "structurantes".

MOTS-CLEFS

ANALYSE DES CORRESPONDANCES, COMPORTEMENT, FONCTION, FORME, MORPHOLOGIE, PHOTOGRAPHIE AERIENNE, RESEAU, VOIRIE URBAINE.

ABSTRACT

Based upon "network theory" and different behavioral theories and models, the present research tries to carry out influences that the "morphology" of a street network may have on its own function (traffic speed). For this purpose, several Parisian districts are first selected according to different criteria : homogeneity of the traffic as far as movings are concerned ; lack of some practices interfering with traffic ; availability of detailed traffic data ; etc. These districts are cut into basic street sections, supposed "morphologically homogeneous". Each section is then characterized by a great deal of morphological variables on one hand, an average speed of traffic on the other ; this speed is calculated by identifying moving vehicles on aerial photographs taken every six seconds. The Correspondence Analysis method is finally applied to the street sections sample, which appears to be very structured. We interpret this phenomenon as a series of statistical links between traffic speed and several of the above mentioned morphological variables.

KEYWORDS

AERIAL PHOTOGRAPH, BEHAVIORISM, CORRESPONDENCE ANALYSIS, FUNCTION, MORPHOLOGY, NETWORK, STREET, URBAN.